

Anàlisi de les metodologies disponibles i proposta alternativa pel sistema MRV (Monitoring, Reporting and Verification) per la reducció d'emissions de CO_2 .

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
Josep Rosselló Martorell

Dirigit per:
Santiago Ordàs

Grau en Sistemes i Tecnologia Naval

Barcelona, Juny 2018

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques



Resum.

Durant els darrers anys, s'ha fet evident un dels principals problemes de la societat actual. Augment de la temperatura, ecosistemes en vies d'extinció o desapareguts, pluja àcida -entre d'altres- són alguns dels signes de l'anomenat escalfament global. Tenint en compte els cicles terrestres, l'únic que es pot dur a terme és intentar reduir els impactes antropològics a la terra, és a dir, prevenir tant la contaminació atmosfèrica, com la terrestre, així com la marina. Tant l'IMO com la Unió Europea, veient l'increment de l'activitat marítima -tant l'increment de bulk carriers, com container ships, com crude oil carrier -per a fins comercials, van legislar la Regulació MRV. Amb algunes discrepàncies, els dos organismes, redacten una sèrie de normes, les quals obliguen als vaixells de 5000 GT o més a dissenyar un sistema de control, recaptació de dades i verificació del combustible consumit. D'aquesta manera es pretén dissenyar un informe anual -diferenciats per tipologies- i així obligar als propietaris del vaixell a millorar l'eficiència energètica d'aquest. Per quantificar la relació consum-emissió, l'IMO ideà dos índexs, EEDI i EEOI, així permetre comparar el nivell d'eficiència entre els diversos vaixells. Les metodologies proposades per a la monitorització són quatre: BDN, bunker fuel tank de monitorització a bord, mesuraments del caudal i mesuraments directes al recol·lector de gasos d'escapament.

Al projecte realitzat s'analitzen, mitjançant un criteri teòric, el qual té com a variables la disponibilitat del sistema, la precisió de la tecnologia i el cost, les diferents metodologies. També es proposen mètodes de recaptació de dades teòrics, així com STEAM-2 i el CARB i s'explica una nova tecnologia anomenada VEEO Mk4, la qual permet controlar, mitjançant un software, tots els sistemes relacionats amb el consum de combustible. Finalment, es passa a un anàlisi pràctic, el qual, per mitjà de la metodologia BDN obté un valor de l'índex EEOI per a dos vaixells per a dos vaixells de distint tipus i capacitat.

Abstract.

During these last years, we have realized about one of the main global issues that involve the current society. Increasing of the temperature, acid rain or the extinction of many ecosystems are an evident sign of the global warming. Taking care and having knowledge about terrestrials cycles, implies that people will know that the only way to reduce the gas emissions is to cut down the human impact on Earth. IMO and EU having seen the increase of the number of container ships, crude fuel oil ships and bulk carrier ships legislated a MRV regulation. They wrote many rules with the goal that vessels of 5000 GT and above design a system that allows the monitoring, reporting and verification fuel oil consumption. The Organisation will publish the annual report, with the purpose of forcing the ship owners to an improvement of energy efficiency. IMO devised two indexes, EEDI and EEOI, that empower the relation between fuel consumption and CO₂ emissions. The proposed methodologies are four: BDN, fuel oil tank for the monitoring on board, flow metres and direct emissions monitoring.

In this project different variable as well as cost, accuracy and availability of the system are analyzed. Moreover theoretical systems of monitoring, as well as, STEAM-2 and CARB are proposed, and also exposed a new technology called VEEO Mk4 created by Tecnoveritas that allows -through a software- a monitoring of all systems related to fuel consumption on board at any time. Finally, representing a practical analysis through BDN methodology, we get the EEOI value for two different vessels with different dwt.

Contingut

1. Introducció.....	9
2. Contribució del sector marítim a la contaminació atmosfèrica.....	17
3. Evolució del marc legislatiu en relació a la prevenció de la contaminació atmosfèrica provinent de l'activitat marítima. MRV IMO.	27
4. Evolució del marc legislatiu en relació a la prevenció de la contaminació atmosfèrica provinent de l'activitat marítima. MRV UE.	33
5. Sistema de monitorització, recaptació de dades i verificació (<i>monitoring, reporting and verification</i>) de les emissions de diòxid de carboni.	37
6. Sistemes de monitorització proposats per la Unió Europea i l'Organització Marítima Internacional.	41
7. Balanç del potencial teòric de les diferents metodologies.....	45
8. Metodologies de control teòric.	51
9. Importància del SEEMP, EEOI i EEDI.	55
10. Innovacions tecnològiques aplicables a l'esquema MRV.	59
11. Càlcul teòric de les emissions produïdes per un vaixell real per mitjà de la metodologia del Bunker Delivery Note.	61
12. Conclusions.	67
13. Annexos.....	71
Annex A.	71
Annex B.	73
Annex C.	77
Annex D.	79
Annex E.....	80
14. Bibliografia.	81

Llistat de figures.

Figura 1. Quantitat de béns transportats en milions de tones.

Figura 2. Feina de transport per tipus de vaixell des de l'any 1970 al 2010. L'eix dret representa els bilions en US\$ de GDP mundial.

Figura 3. Nombre de vaixells portacontenidors classificats per la capacitat de transport de TEU's dels anys 2002 al 2014.

Figura 4. Desenvolupament històric de la capacitat mitjana de la flota.

Figura 5. Relació entre milions de dwt i nombre de vaixells des de l'any 1992 al 2013.

Figura 6. Quantitat de la flota depenent del pes mort des de l'any 1994 al 2013.

Figura 7. Quantitat de la flota depenent del pes mort des de l'any 1994 al 2013.

Figura 8. Tendència en milions de tones emeses des de l'any 1990 al 2007.

Figura 9. Milions de tones estimades depenent del mètode per any.

Figura 10. Milions de tones emeses per tipus de vaixell.

Figura 11. Tendència Mitjana al sector oil tanker.

Figura 12. Tendència Mitjana al sector bulk Carrier.

Figura 13. Tendència Mitjana al sector container ship.

Figura 14. Relació entre el consum de fuel i el factor de càrrega.

Figura 15. Distància entre Rotterdam i Barcelona per mitjà de l'aplicació FindShip.

Figura 16. Historial dels últims viatges del vaixell Berlín Exprés obtingut per mitjà de marinetraffic.

Llistat de taules.

Taula 1. Població global, energia consumida, GDP, transport i comerç des de 1970-2012.

Taula 2. Milions de tones emeses des de l'any 1990 al 2007.

Taula 3. Comparativa entre les emissions estimades els anys 2007 i 2012.

Taula 4. Quantitat de diòxid de carboni per tipus de vaixell i capacitat de transport.

Taula 5. Estimació de la quantitat de vaixells l'any 2050.

Taula 6. Diferents escenaris.

Taula 7. Emissions de diòxid de carboni emès pel sector marítim als diferents escenaris.

Taula 8. Comparativa entre la normativa UE i IMO MRV.

Taula 9. Balanç de les diferents metodologies en funció de l'equipament necessari, la precisió dels aparells utilitzats i els costos respectius.

Taula 10. Avaluació de les diferents metodologies en relació a la disponibilitat dels paràmetres a monitoritza.

Taula 11. Avaluació d'avantatges e inconvenients de les metodologies proposades.

Taula 12. Factor de conversió entre el contingut de carboni i la quantitat de diòxid de carboni generat per tipus de combustible.

Taula 13. Base de dades de vaixells similars al vaixell Berlín Exprés.

Llistat d'abreviatures.

AIS. Automatic Identification System.

ARP. Acid Rain Program.

BAU. Business as usual

BDN. Bunker Delivery Note.

CARB. California Ais Resources Board.

CEM. Continuous Emission Monitoring System

EEDI. Energy Efficiency Design Index.

EEOI. Energy Efficiency Operational Index.

EMSA. *European Maritime Safety Agency*.

EPA. Environmental Protection Agency

GDP. Gross Domestic Product.

GHG. Greenhouse Gas

HFO. Heavy Fuel Oil

ICS. International Chamber of Shipping.

LNG. Liquefied Natural Gas

MDO. Marine Diesel Oil

MEPC. Marine Environment Protection Committee

MRV. Monitoring, Reporting and Verification.

NBTP. Nitrogen Budget Trading Program.

SEEMP. Ship Energy Efficiency Management Plan.

ULCC. Ultra Large Crude Carrier

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development.

VEEO. Voyage Energy Emissions Optimiser.

VLCC. Very Large Crude Carrier.

1. Introducció

Des de l'origen de les primeres comunitats, el mar ha resultat ser font d'inspiració i d'atracció per les diferents civilitzacions a causa de la seva immensitat i bellesa. Per molts pobles ha estat i segueix essent una de les principals fonts d'aliment. Els vaixells inicialment eren petites barques de fusta, propulsades per remes i/o vela, fet que donava pas a travessies molt dificultoses, ja sigui per dificultats climàtiques o tècniques, l'activitat marítima no era la més rendible.

No és fins a finals del segle XVIII, a causa de la Revolució Industrial, on es comencen a desenvolupar els primers vaixells de vapor eficients. A mitjans segle XIX és on es comença a desenvolupar el comerç marítim tal i com se'l coneix avui en dia. El disseny dels vaixells sofreix diverses transformacions: els bucs passen de ser de fusta a ser d'acer, amb eslores de més longitud, amb mètodes de propulsió basats amb hèlixs de cargol, fent el vaixell molt més navegable i alhora nous sistemes de comunicació permetent als propietaris dels vaixells o als comerciants mantenir la comunicació.

Durant el segle XX, gran part de la indústria es va descentralitzar als països orientals, a causa del baix cost de la mà d'obra existent als països del sud-est asiàtic.

Degut a l'increment de consum dels països occidentals, ja sigui energètic, alimentari o de productes d'ús domèstic o personal, el transport de mercaderies a través dels vaixells de càrrega arreu del món ha anat augmentant, essent el mitjà de transport més rendible, i per tant, més utilitzat.

A l'actualitat, degut al ràpid desenvolupament del lliure Comerç Internacional, de noves tecnologies (internet, etc) i nous mètodes de pesca en massa (d'arrossegament, piscifactories, etc), juntament amb altres factors com l'escalfament global, la pèrdua de biodiversitat marina (com pot ser el cas de la Posidònia Oceànica al mar Mediterrani) per causa de la contaminació i la pol·lució, han causat notables canvis al nostre ecosistema.

Els oceans, representen el 71% de la superfície terrestre. No sols s'han de tenir en compte per la seva gran extensió, sinó que també pel seu paper regulador de la temperatura a la Terra, entre d'altres. Sols per aquest paper tan important, s'han de cuidar i regular les activitats que es duen a terme i que poden afectar a la vida; tant les activitats industrials provinents de terra, com les activitats que es duen a terme mitjançant els diferents mars i oceans.

L'activitat marítima, degut al seu alt índex d'eficiència a l'hora de transportar mercaderies, ha experimentat un creixement des dels anys setanta del segle XX fins a l'actualitat. Es pot comprovar per mitjà de la Conferència de les Nacions Unides pel Comerç i Desenvolupament (UNCTAD)

Per tal de conèixer la contribució dels gasos d'efecte hivernacle- com són el CO_2 , NO_x , SO_x - del sector marítim a la contaminació atmosfèrica, l'Organització Marítima Internacional (OMI), a través del consorci internacional dirigit per MARINTEK, juntament amb altres institucions internacionals, realitzà tres estudis anomenats *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships*, *Second IMO Greenhouse Gas Study* i *Third IMO Greenhouse Gas Study* els anys 2000, 2009, 2014 respectivament. Coneixent la quantitat de tones emeses per la indústria marítima, dona la possibilitat de poder marcar uns límits a l'emissió de gasos d'efecte hivernacle als vaixells, cercant així l'eficiència màxima a cada un dels vaixells.

El MARPOL és un conveni internacional per la prevenció de la pol·lució provinent dels vaixells, realitzat per la IMO, on hi ha redactades un seguit de regles amb l'objectiu de prevenir i reduir l'impacte derivat de l'activitat dels vaixells als oceans i mars. L'annex VI del MARPOL és on s'inclouen totes les normes que fan referència a la contaminació atmosfèrica provinent dels vaixells.

L'increment del consum -degut al creixement exponencial de població- als països occidentals, juntament amb la descentralització de la producció industrial als països africans i del sud-est asiàtic i l'explotació de minerals fòssils, han propiciat que el transport de càrrega seca, de contenidors i d'hidrocarburs, augmenti respecte altres mitjans de transport menys eficients.

Year	1970	1980	1990	2000	2010	2012	Increase
Population (Milions)	3700	4500	5300	6000	6900	7000	89%
Energy consumption (Milions TOE)	4900	6600	8100	9400	12000	13300	171%
Maritime transport (milions Ton)	2600	3700	4000	6000	8000	9200	254%
Gross domestic product (bilions USD)	15500	22400	30600	40300	52000	54700	253%
Freight work by maritime transport (Bilion Ton nautical miles)	12600	19800	18700	26800	42200	46200	267%
World trade (bilion USD)	1400	3500	5400	8100	15000	18000	1186%
World trade as share of GPD	9%	16%	18%	20%	29%	33%	

Taula 1: Població global, energia consumida, GDP, transport i comerç des de 1970-2012

Font: UNCTDAD, 2014, Lindstad, 2013, IEA, 2014, Madison, 2007.

A la Figura 1 es pot observar la tendència creixent de la quantitat de béns transportats, en milions de tones, segons UNCTAD.

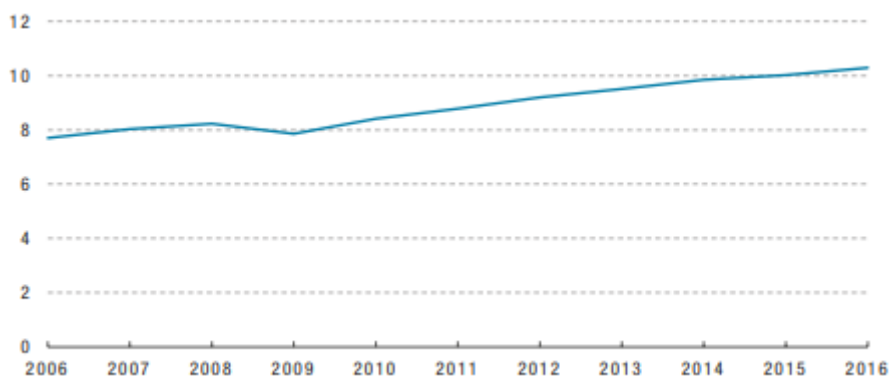


Figura 1. Quantitat de béns transportats en milions de tones.

Font: UNCTAD Handbook of Statistics 2017 - Maritime transport.

International Chamber of Shipping (ICS) és responsable del 90% del transport de productes i béns del comerç mundial. A partir de la segona meitat del segle XX, es considera que la població mundial experimenta un creixement exponencial, juntament amb el consum energètic i alimentari. A causa d'aquest increment, alguns països com Brasil, Índia o Rússia -els anomenats BRIC- reben una forta inversió estrangera per tal que el país tingui les infraestructures i la

producció necessària, podent així satisfer les necessitats dels països amb economies més desenvolupades.

El creixement que ha experimentat la indústria marítima a causa de ser el sector més eficient energèticament, i per tant, econòmicament, es pot observar a la Figura 2.

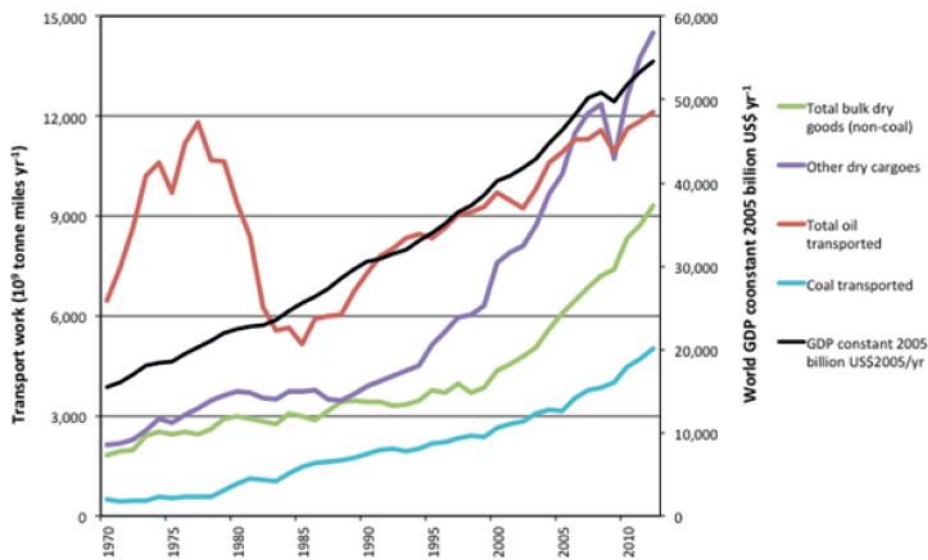
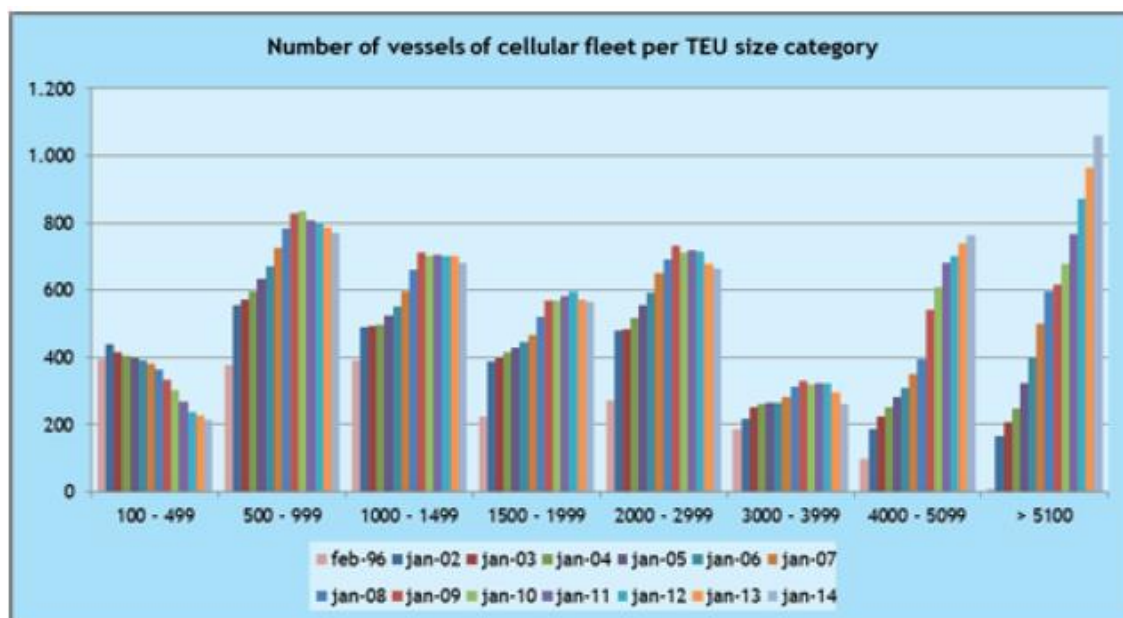


Figura 2. Feina de transport per tipus de vaixell des de l'any 1970 al 2010. L'eix dret representa els bilions en US\$ de GDP mundial. UNCTAD

Els portacontenidors (container ship), els vaixells de transport de productes secs a granel (bulk carrier ships) i els vaixells encarregats de transportar cru o derivats del petroli (oil tankers ships), són els tipus de vaixells amb tendència a sofrir increments en la seva construcció, degut, com s'ha dit anteriorment, a l'augment de consum als països més desenvolupats.

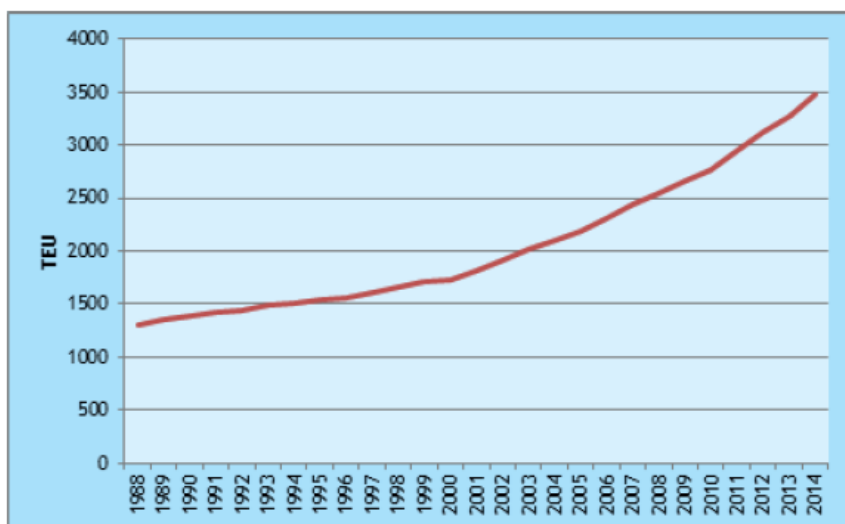
Com es pot observar a la Figura 3, els portacontenidors de +10000 TEU són els que han tingut un creixement més exponencial, ja que han substituït els vaixells amb menys capacitat, del rang 2800-5000 TEU, mentre que els portacontenidors inclosos al rang 1000-2000 TEU han estat substituïts pels pertanyents al rang 2000-2700 TEU. Alguns professionals del sector, han observat que els vaixells inclosos als rangs 4000-5000 TEU, estan essent substituïts per vaixells més llargs i eficients.

El 93% dels portacontenidors de 10000 TEU o més i prop d'un 55% de vaixells d'entre 7500 i 9999 TEU es troben operant en rutes marítimes que connecten l'est Asiàtic i Europa, mentre que el 22% es troba operant entre l'est Asiàtic i els Estats Units.



Source: Based on Alphaliner data collected from various sources

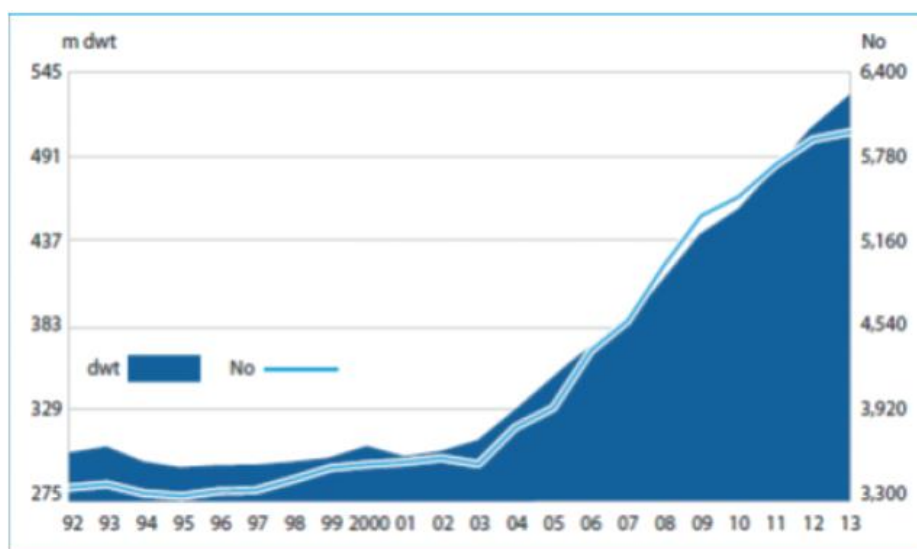
Figura 3. Nombre de vaixells portacontenidors classificats per la capacitat de transport de TEU's dels anys 2002 al 2014.



Source: BRS (2009) and Alphaliner (various years)

Figura 4. Desenvolupament històric de la capacitat mitjana de la flota.

L'evolució que han seguit els vaixells de transport de cru es mostra a la Figura 5. Els vaixells amb capacitat de més de 320,000 dwt, anomenats VLCC o ULCC, no han aconseguit establir-se dintre del mercat, fet que ha propiciat que se'ls utilitzi com a magatzem flotant. Mentre la capacitat mitjana dels vaixells disminuïa a principi dels anys 90, el nombre de vaixells augmentava. No és fins a principis del segle XXI on es comença a invertir en vaixells de més capacitat, podent així reduir el nombre de vaixells, fent que l'any 2011 el nombre de vaixells fos inferior a la capacitat mitjana de la flota.



Source: Intertanko (2012)

Figura 5. Relació entre milions de dwt i nombre de vaixells desde l'any 1992 al 2013.

A la Figura 6, es pot observar la tendència que han tingut els *oil tankers ships* durant la darrera dècada, en funció de la capacitat de cada vaixell. Com es pot observar, els vaixells amb capacitat per transportar +120,000 dwt són els que han augmentat més la seva flota, mentre que els vaixells amb capacitats d'entre 10,000-69,999 i 70,000-119,999 dwt s'han mantingut estables fins que la construcció de *Suezmax* (120,000-199,000 dwt) s'ha incrementat.

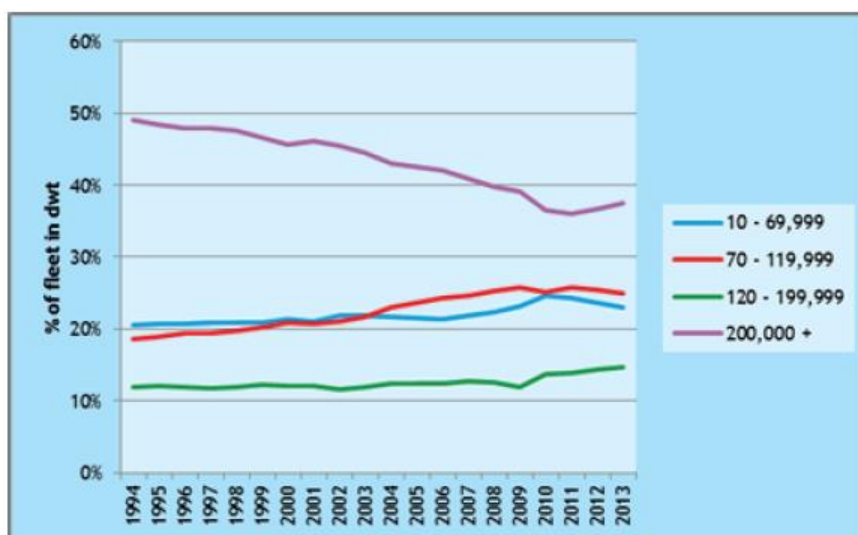


Figura 6. Quantitat de la flota dependent del pes mort des de l'any 1994 al 2013.

Font. Alphalines data collection.

Els diferents tipus de *bulk carriers* han experimentat diferents canvis en la productivitat principalment per l'eficiència que proporcionen a l'hora de transportar productes secs a granel. A la Figura 7 es pot observar la tendència que han experimentat cada tipus de vaixell dependent de la seva capacitat de transport.

Els *bulk carriers* de capacitat 10,000-59,999 dwt experimenten un descens de la seva flota del 47%, al 1994, al 33% l'any 2013 mentre que els de capacitat 60,000-79,999 dwt experimenten un lleuger increment d'un 3% de la flota durant la dècada 1996-2006. A partir de l'any 2006, la tendència canvia i passa a ser decreixent, fins arribar al 17% l'any 2013.

No succeeix el mateix amb els anomenats Capesize o alguns Panmax, on l'increment de la flota és exponencial, sobretot a partir de l'any 2006.

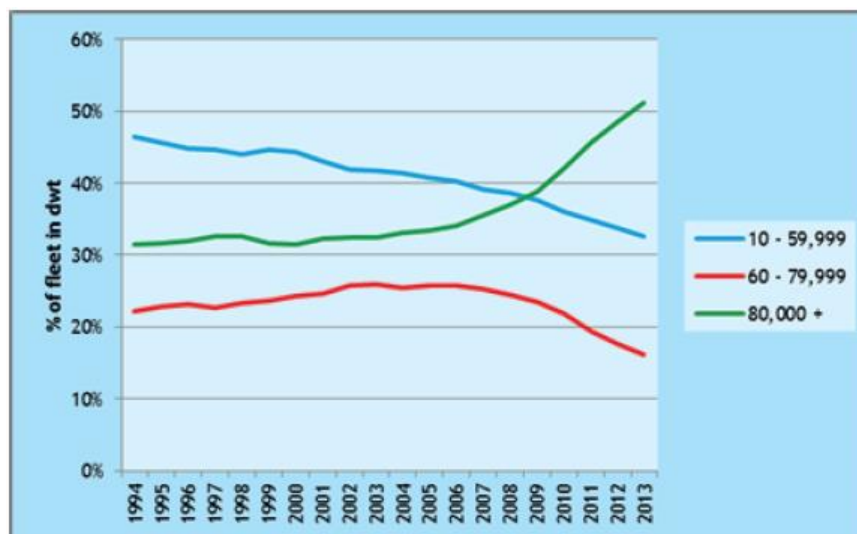


Figura 7. Quantitat de la flota depenent del pes mort des de l'any 1994 al 2013.
Font. Alphalines data collection.

Altres vaixells, com poden ser els LNG i LPG, a partir dels anys 70 se'ls comença a introduir al mercat degut al coneixement sobre l'esgotament de recursos com el cru o derivats del petroli. Davant la necessitat de mantenir i augmentar el consum d'energia, el gas natural comença a posicionar-se front el petroli, fet que resultà crucial a l'hora d'invertir en la construcció de vaixells especialitzats en el transport de gas natural i gas propà o butà. Durant la dècada dels anys 90 és quan l'increment de flota dels LNG és més notable que en els seus primers anys, ja que es considera un mercat jove, nascut als anys 60. L'any 2012, el nombre de LNG és quasi el doble que al final de l'any 2006, fet que deixa veure com la inversió en el transport de gas natural liquat guanya terreny respecte el transport de derivats del petroli, tot i que el petroli segueix essent la principal font d'energia.

Actualment sols poden passar a través del canal de Panamà un 10% de la flota. L'expansió d'aquest és un fet determinant pel mercat de LNG ja que permetrà que el 80% de la flota pugui transitar pel canal i s'obrin noves rutes comercials des de l'est d'Àsia a la costa est dels Estats Units.

2. Contribució del sector marítim a la contaminació atmosfèrica.

El transport marítim, juntament amb el lliure comerç i la revolució de les telecomunicacions, és un dels pilars que sustenta la globalització. Degut a l'eficiència que s'obté a l'hora de transportar productes a través de rutes marítimes, s'ha incrementat l'expansió del sector.

Les conseqüències del creixement són molt variades, des del renou i les vibracions causades pel sistema propulsor, afectant el sistema nerviós de mamífers com les balenes i els dofins, fent que es desorientin i acabin a les costes dels diferents oceans; passant per la pol·lució marítima derivada dels vessaments d'hidrocarburs i productes químics a causa del seu transport i/o altres activitats com l'extracció de cru en pous marítimes mitjançant explosions; fins a la pol·lució atmosfèrica de gasos com el diòxid de carboni, òxids de nitrogen i òxids de sofre, provinents de la combustió de combustibles fòssils per produir energia.

A la Taula 2 es pot observar la tendència creixent des de l'any 1990, fins al 2007, dels diferents gasos contaminants provinents de l'activitat marítima degut als motors principals, motors auxiliars i calderes.

Year	CO2	NOx	SOx
1990	562	14	7,9
1991	587	15	8,2
1992	598	15	8,4
1993	624	16	8,7
1994	644	16	9
1995	663	16	9,3
1996	679	17	9,5
1997	717	18	10
1998	709	18	10
1999	722	18	10
2000	778	19	11
2001	784	19	11
2002	794	19	11
2003	849	21	12
2004	907	22	13
2005	955	23	13
2006	1008	24	14
2007	1050	25	15
Increment %	86,83274	78,57143	89,87342

Taula 2. Milions de tones emeses des de l'any 1990 al 2007.

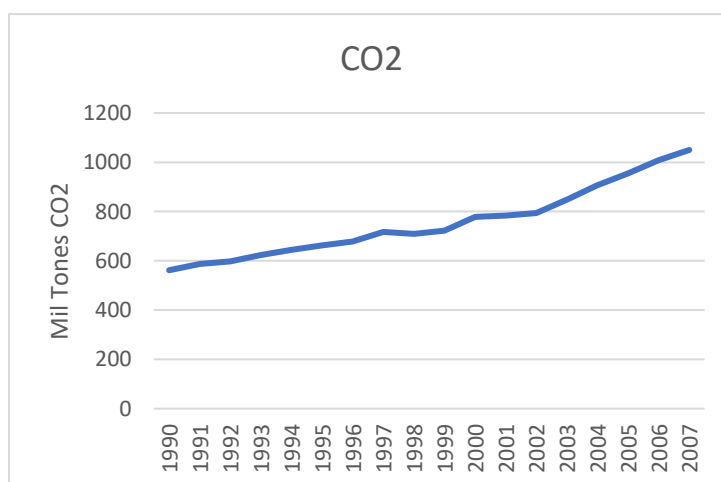


Figura 8. Tendència en milions de tones emeses des de l'any 1990 al 2007. Font. Second IMO Study

Per tal de poder saber la quantitat d'emissions provinents de l'activitat marítima, les organitzacions o institucions encarregats de realitzar el *Second IMO GHG* i *Third IMO GHG studies* es basaren amb dos mètodes de recaptació de dades anomenats *bottom-up* i *top-down*.

El mètode *bottom-up* es basa amb les dades recaptades pel sistema AIS, -tal com velocitat, calat, posició- actualitzades cada sis segons amb combinació amb la base de dades IHSF. Amb el mètode *bottom-up* s'obtenen uns resultats més precisos, tot i que existeix un interval d'incertesa, ja que les dades utilitzades són una aproximació per tal de poder analitzar la quantitat de diòxid de carboni que s'ha emès.

El mètode *top-down* és un sistema de recaptació de dades basat amb l'Agència Internacional d'Energia (IEA), la qual proporciona una base de dades construïda amb la quantitat de combustible venut. Aquest mètode diferencia tres grups de consum d'energia: *International shipping*, *domestic navegation* i *fishing*. És un mètode menys precís, ja que no es coneixen dades de consum, simplement el fuel venut.

A la figura 9 es poden observar els resultats obtinguts als dos estudis mitjançant els diferents mètodes amb els intervals d'incertesa. Com s'ha comentat anteriorment, el mètode del *bottom-up* és el que té més probabilitat que els resultats obtinguts estiguin dintre del rang d'incertesa.

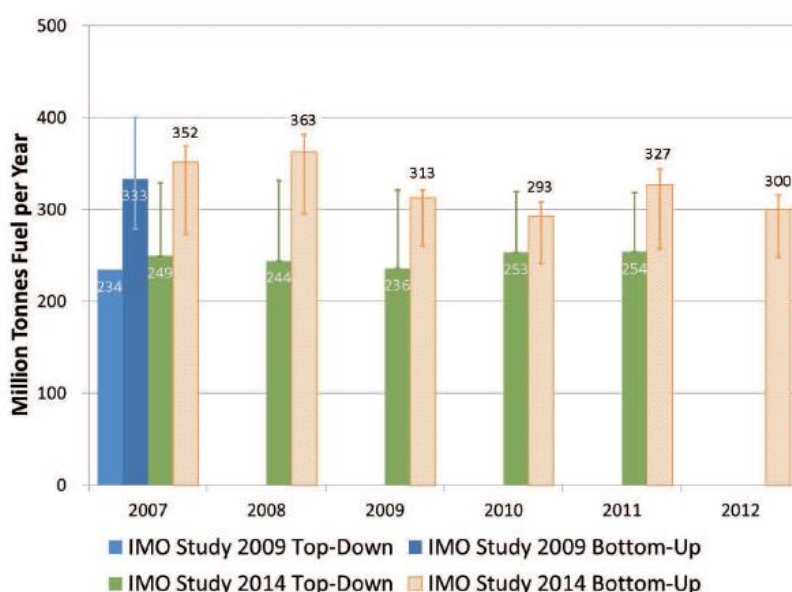


Figura 9. Milions de tones estimades depenent del mètode per any.

Després de conèixer les diferents metodologies utilitzades, la quantitat de diòxid de carboni emès per tipus de vaixell l'any 2012 mitjançant el mètode *bottom-up* és el que es mostra a la figura 10.

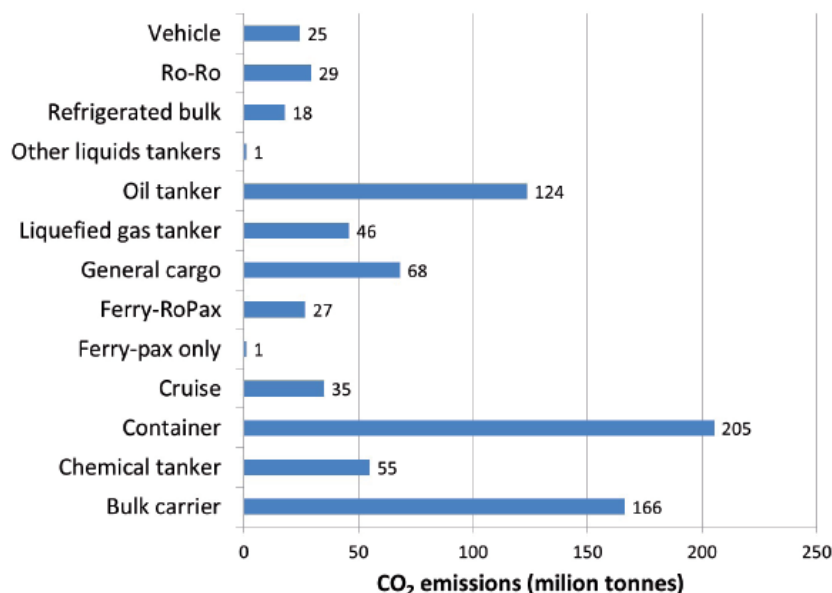


Figura 10. Milions de tones emeses per tipus de vaixell.
Font. Third IMO Study.

Com es pot comprovar, els tres tipus de vaixell que emeten més diòxid de carboni a l'atmosfera són els vaixells amb la flota més gran i que aparentment segueixen en creixement: *bulk carriers*, *container ship* i *oil tanker ship*, que emeten 166, 205 i 124 milions de tones respectivament.

La tendència creixent que segueix l'emissió de diòxid de carboni provinent de la combustió segons el *Second IMO GHG study* des de l'any 1970 fins al 2007 canvia durant el període 2007-2012 segons el *Third IMO GHG study*. A la Taula 3 es pot comprovar el canvi de tendència, en comparació a la Taula 2, durant el període 2007-2012.

Tipus de vaixells	Nombre de vaixells 2007	Nombre de vaixells 2012	CO2 2007 (milions tones)	CO2 2009 (milions tones)	Difarència a 2007-2012 %
Dry Bulk	7523	10395	179000	166000	-7,26257
General Cargo	17280	16486	100000	70000	-30
Container	4398	5132	206000	205000	-0,48544
Reefer	1226	1090	20500	18000	-12,1951
RoRo & Vehicle	2410	2585	56000	56000	0
Oil tanker-mainly crude > 80' dwt	1569	1991	106000	80000	-24,5283
Oil tanker-mainly product < 80' dwt	5390	5404	44000	45000	2,272727
Chemicals	3868	4935	58000	55000	-5,17241
LNG & LPG	1368	1612	32000	50000	56,25
RoPax	2784	2867	46000	32000	-30,4348
Total de vaixells de càrrega	47816	52497	847500	777000	-8,31858
Ferry-Pax only	3019	3152	19200	12000	-37,5
Cruise	489	520	34000	35500	4,411765
Yacht	1162	1750	3300	3500	6,060606
Offshore	5204	6480	36000	28000	-22,2222
Service	17808	18064	53600	34000	-36,5672
Fishing	23643	22130	86100	51500	-40,1858
Other	1169	3008	15300	7500	-50,9804
Total altres vaixells	52494	55104	247500	172000	-30,5051
Total tots els vaixells	100310	107601	1095000	949000	-13,3333

Taula 3. Comparativa entre les emissions estimades els anys 2007 i 2012.

Per poder comprovar la tendència que segueixen els tres diferents tipus de vaixells més contaminants i amb més flota disponible, s'estableixen diferents índexs o paràmetres bàsics, com l'energia instal·lada, la capacitat dels vaixells, la velocitat de disseny enfront la velocitat operacional i els dies que el vaixell es troba en navegació per tal de poder observar les diferents tècniques operacionals que s'instal·len als diferents tipus de vaixells i les reduccions d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

A les figures 11, 12,13 s'exposen les diferents tendències segons les bases de dades i índexs utilitzats durant els anys 2007-2012.

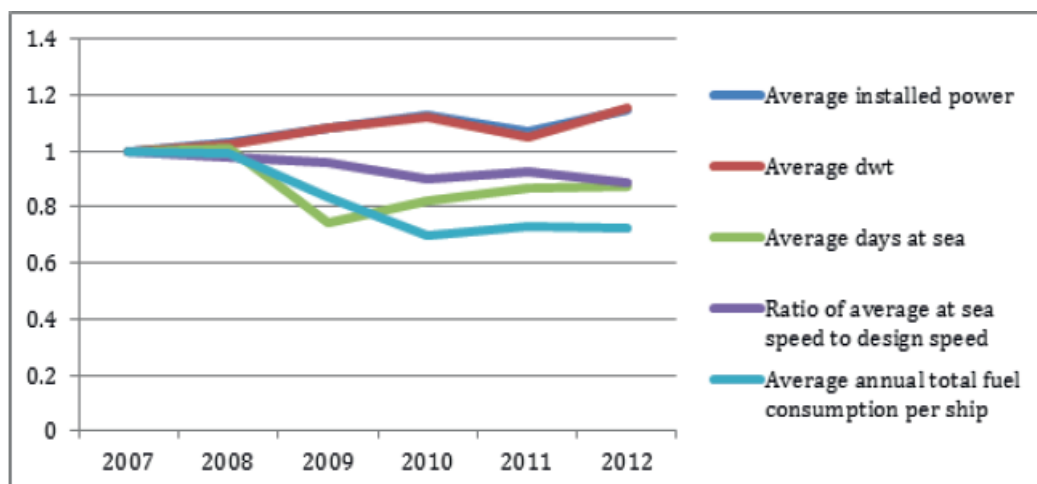


Figura 11: Tendència Mitjana al sector *oil tanker*

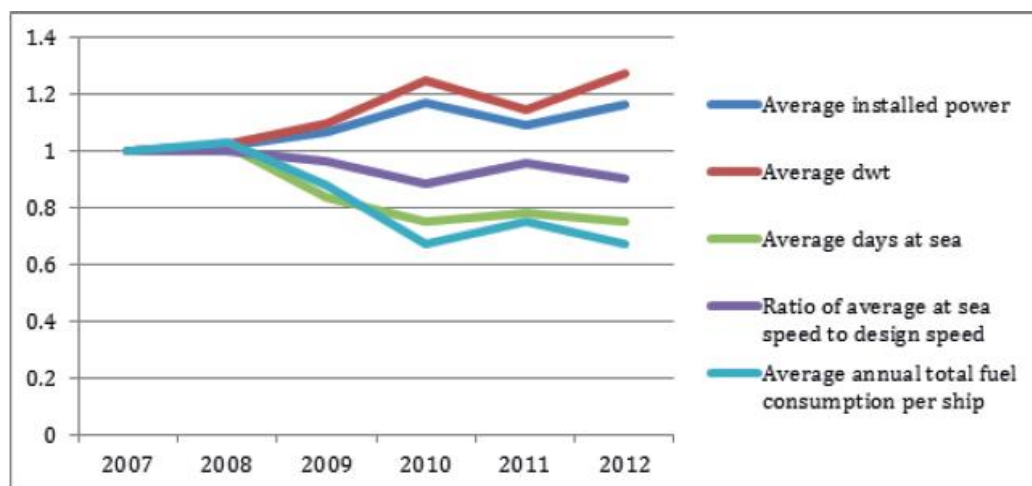


Figura 12: Tendència Mitjana al sector *bulk carrier*

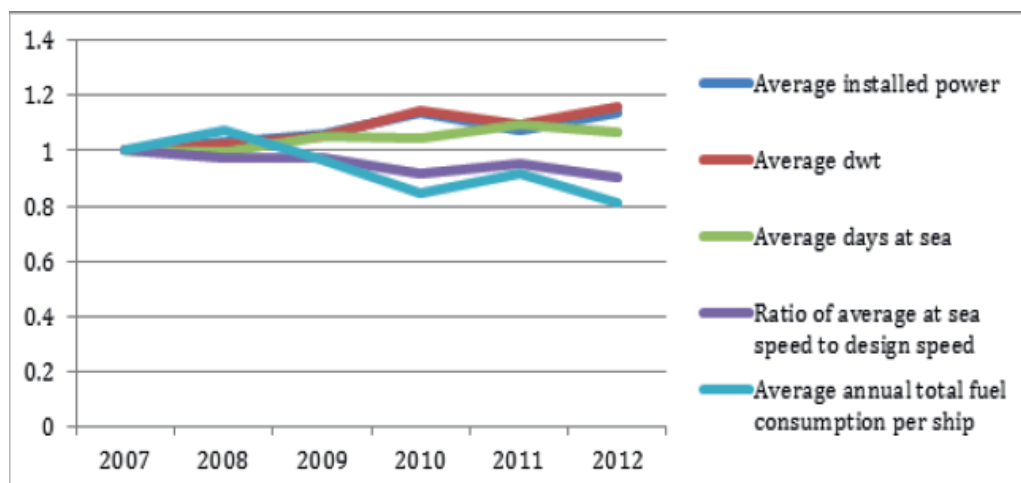


Figura 13: Tendència Mitjana al sector *container ship*

A la Taula 4 es pot observar la quantitat de diòxid de carboni que emeteren els diferents tipus de vaixells, classificats per les diferents capacitats durant l'any 2012 calculada mitjançant el mètode *bottom-up*.

Tipus de vaixell	Capacitat	Unitats	Nombre de vaixells actius		Cobertura AIS dels vaixells en servei	Mitjana pes mort (tones)	Mitjana energia instal·lada (KW)	Mitjana velocitat de disseny (Kn)	Mitjana de dies al mar	Mitjana velocitat operacional (Kn)	Mitjana de consum ('000 tones)			Total de emissions CO2 ('000 tones)
			IHSF	AIS							Motor principal	Auxiliars	Calderes	
Bulk carrier	0-9999	dwt	1216	670	0,5509868	3341	1640	11,6	167	9,4	0,9	0,5	0,1	5550
	10000-34999	dwt	2317	2131	0,9197238	27669	6563	14,8	168	11,4	3	0,5	0,1	24243
	35000-59999	dwt	3065	2897	0,9451876	52222	9022	15,3	173	11,8	4	0,7	0,1	44116
	60000-99999	dwt	2259	2145	0,9495352	81876	10917	15,3	191	11,9	5,4	1,1	0,3	45240
	100000-199999	dwt	1246	1169	0,9382022	176506	17330	15,3	202	11,7	8,5	1,1	0,2	36340
	200000+	dwt	294	274	0,9319728	271391	22170	15,7	202	12,2	11	1,1	0,2	10815
Chemical tanker	0-4999	dwt	1502	893	0,5945406	2158	1387	11,9	159	9,8	0,8	0,5	0,6	5,479
	5000-9999	dwt	922	863	0,9360087	7497	3292	13,4	169	10,6	1,6	0,6	0,4	7199
	10000-19999	dwt	1039	1004	0,9663138	15278	5260	14,1	181	11,7	3	0,6	0,4	12318
	20000+	dwt	1472	1419	0,9639946	4265	9297	15	183	12,3	5	1,4	0,4	30027
Container	0-999	TEU	1126	986	0,8756661	8634	5978	16,5	190	12,4	2,8	0,9	0,2	12966
	1000-1999	TEU	1306	1275	0,9762634	20436	12578	19,5	200	13,9	5,2	2,2	0,4	31,015
	2000-2999	TEU	715	689	0,9636364	36735	22253	22,2	208	15	8	3,1	0,5	25,084
	3000-4999	TEU	968	923	0,9535124	54160	36549	24,1	236	16,1	13,9	3,9	0,6	53,737
	5000-7999	TEU	575	552	0,96	75036	54818	25,1	246	16,3	19,5	4,1	0,6	42,96
	8000-11999	TEU	331	325	0,9818731	108650	67676	25,5	256	16,3	24,4	4,5	0,7	30052
	12000-14500	TEU	103	98	0,9514563	176783	83609	28,9	241	16,1	23,7	4,9	0,8	8775
	14500+	TEU	8	7	0,875	158038	80697	25	251	14,8	25,3	6,1	1,1	806
General cargo	0-4999	dwt	11620	5163	0,4443201	1925	1119	11,6	161	8,7	0,5	0,1	0	23606
	5000-9999	dwt	2894	2491	0,8607464	7339	3320	13,6	166	10,1	1,4	0,4	0,1	16949
	10000+	dwt	1972	1779	0,9021298	22472	7418	15,8	174	12	3,4	1,2	0,1	27601
Oil tanker	0-4999	dwt	3500	1498	0,428	1985	1274	11,5	144	8,7	0,6	0,6	0,2	14991
	5000-9999	dwt	664	577	0,8689759	6777	2846	12,6	147	9,1	1,1	1	0,3	4630
	10000-19999	dwt	190	171	0,9	15129	4631	13,4	149	9,6	1,6	1,7	0,4	2121
	20000-59999	dwt	659	624	0,9468892	43763	8625	14,8	164	11,7	3,7	2	0,6	12627
	60000-79999	dwt	391	381	0,9744246	72901	12102	15,1	183	12,2	5,8	1,9	0,6	9950
	80000-119999	dwt	917	890	0,9705562	109259	13813	15,3	186	11,6	5,9	2,6	0,8	25769
	12000-199999	dwt	473	447	0,9450317	162348	18796	16	206	11,7	8	3,1	1	17230
	200000+	dwt	601	577	0,9600666	313396	27685	16	233	12,5	15,3	3,6	1,1	36296

Taula 4. quantitat de diòxid de carboni per tipus de vaixell i capacitat de transport.

La tendència que han seguit els tres grups de vaixells ha estat diferent durant el període estudiat. El sector *oil tanker* ha reduït les seves emissions un 20% aproximadament respecte l'any 2007, mentre que el sector *container ship* i *bulk carrier* han experimentat una reducció més moderada. Tots els tipus de vaixells han experimentat una reducció en la mitjana anual de consum de combustible, però la diferència en les emissions de diòxid de carboni de la flotat total és explicada per la combinació de les diferents tècniques operacionals instal·lades als vaixells i el nombre de vaixells en servei.

La reducció en la mitjana de dies al mar durant el període 2007-2012 és major al sector *dry bulk*, tot i que la flota dels *container ships* ha experimentat un lleuger increment. Degut a l'augment de vaixells en servei, l'energia instal·lada a la flota i la demanda de béns i serveis, aquests sectors de la indústria representen un augment latent de les emissions. Les pressions econòmiques, juntament amb el preu del petroli han controlat la inflació en la producció de vaixells, ja que la demanda i el subministrament de béns i serveis estava desequilibrat. Els dos components que han permès un canvi en la producció han estat l'ajustament de dies al mar i la velocitat operacional als *bulk carriers* i *oil tanker*, mentre que a la flota dels *container ships* sols s'hi ha aplicat el canvi en la velocitat operacional.

Per tal de poder conèixer la tendència que seguiran els diferents tipus de vaixells depenent de la seva capacitat, l'Organització Marítima Internacional, a través del *Third IMO GHG study* i mitjançant la dinàmica de sistemes, intenta obtenir uns resultats més o menys aproximats de la distribució dels diferents tipus de vaixells l'any 2050. La projecció encarna una literatura revisada, tenint en compte els desenvolupaments històrics en la distribució de la flota i els canvis estructurals al mercat. A la projecció model de les emissions s'ha assumit que la capacitat total de la flota per tipus de vaixell coneix les demandes del mercat, que tots els vaixells tindran una vida uniforme de 25 anys i que la talla mitjana per tipus de vaixell és la mateixa que la del 2012.

Els resultats obtinguts a l'estudi es poden observar a la Taula 5.

Mitjançant la dinàmica de sistemes és possible realitzar una aproximació quant a emissions de diòxid de carboni emeses pel sector. Per poder obtenir resultats, s'han d'establir diferents variables per tal de poder analitzar els diferents escenaris. Les variables que s'utilitzen són el creixement econòmic, el consum de combustibles fòssils, la combinació de la utilització de nous combustibles com el LNG amb derivats del petroli i les millores de les tècniques operacionals relacionades amb l'eficiència energètica.

Ship type	Bin sizes (dwt)	Distribution in terms of numbers	
		2012	2050
Oil/chemical tankers	0–4,999	1%	1%
	5,000–9,999	1%	1%
	10,000–19,999	1%	1%
	20,000–59,999	7%	7%
	60,000–79,999	7%	7%
	80,000–119,999	23%	23%
	120,000–199,999	17%	17%
	200,000–+	43%	43%
Dry bulk carriers	0–9,999	1%	1%
	10,000–34,999	9%	6%
	35,000–59,999	22%	20%
	60,000–99,999	26%	23%
	100,000–199,999	31%	40%
	200,000–+	11%	10%
Ship type	Bin sizes (dwt)	Distribution in terms of numbers	
		2012	2050
Container vessels	0–999	22%	22%
	1,000–1,999 TEU	25%	20%
	2,000–2,999 TEU	14%	18%
	3,000–4,999 TEU	19%	5%
	5,000–7,999 TEU	11%	11%
	8,000–11,999 TEU	7%	10%
	12,000–14,500 TEU	2%	9%
	14,500–+ TEU	0.2%	5%
Liquefied gas carriers	0–49,000 m ³	68%	32%
	50,000–199,999 m ³	29%	66%
	>200,000 m ³	3%	2%

Taula 5. Estimació de la quantitat de vaixells l'any 2050

Les conclusions que s'obtenen a partir dels anàlisis dels diferents escenaris són que aquells amb més creixement econòmic i amb més ús de combustibles fòssils conduiran a una major emissió de diòxid de carboni, per contra, els escenaris amb menys creixement econòmic i amb menys ús de combustibles fòssils contribuiran menys a l'escalfament global.

Existeixen quatre escenaris, anomenats BAU (*business as usual*). Aquests escenaris són importants, ja que mostren que si el ritme de negoci, d'explotació dels diferents recursos i el ritme de consum i de producció segueixen com a l'actualitat, mantenint un desenvolupament moderat de les tècniques operacionals d'eficiència energètica, les emissions de CO2 seguiran creixent.

En tots els vaixells de càrrega (*container ships i general cargo ships*) es projecta un ràpid increment, tant en el nombre de vaixells a la flota com en l'emissió de gasos contaminants, mentre que els *dry bulk vessels i líquid bulk carrier*, experimenten un creixement molt més moderat, degut a les millores en eficiència. Ambdós escenaris mostren un increment de les emissions provinents dels vaixells de càrrega. Al 2012, la contribució dels vaixells de càrrega a l'emissió de CO2 a l'atmosfera era d'un 40% de les emissions totals de diòxid de carboni del sector marítim, mentre que s'estima que a l'any 2025 serà d'un 50% o més en tots els possibles escenaris. A la Taula 7 es pot observar una aproximació del diòxid de carboni que s'espera que emetrà el sector marítim en els diferents escenaris.

Scenario	RCP scenario	SSP scenario	Fuel mix (LNG, ECA)	Efficiency improvement 2050
1	RCP8.5	SSP5	high LNG/extra ECA	High
2	RCP6.0	SSP1	high LNG/extra ECA	High
3	RCP4.5	SSP3	high LNG/extra ECA	High
4	RCP2.6	SSP4	high LNG/extra ECA	High
5	RCP8.5	SSP5	high LNG/extra ECA	Low
6	RCP6.0	SSP1	high LNG/extra ECA	Low
7	RCP4.5	SSP3	high LNG/extra ECA	Low
8	RCP2.6	SSP4	high LNG/extra ECA	Low
9	RCP8.5	SSP5	low LNG/no ECA	High
10	RCP6.0	SSP1	low LNG/no ECA	High
11	RCP4.5	SSP3	low LNG/no ECA	High
12	RCP2.6	SSP4	low LNG/no ECA	High
13 (BAU)	RCP8.5	SSP5	low LNG/no ECA	Low
14 (BAU)	RCP6.0	SSP1	low LNG/no ECA	Low
15 (BAU)	RCP4.5	SSP3	low LNG/no ECA	Low
16 (BAU)	RCP2.6	SSP4	low LNG/no ECA	Low

Taula 6. Diferents escenaris.

Scenario	Base year	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Scenario 1	810	800	890	1,000	1,200	1,400	1,600	1,700	1,800
Scenario 2	810	800	870	970	1,100	1,200	1,300	1,300	1,400
Scenario 3	810	800	850	910	940	940	920	880	810
Scenario 4	810	800	850	910	960	1,000	1,000	1,000	1,000
Scenario 5	810	800	890	1,000	1,200	1,500	1,800	2,200	2,700
Scenario 6	810	800	870	970	1,100	1,300	1,500	1,700	2,000
Scenario 7	810	800	850	910	940	1,000	1,100	1,100	1,200
Scenario 8	810	800	850	910	960	1,100	1,200	1,300	1,500
Scenario 9	810	810	910	1,100	1,200	1,400	1,700	1,800	1,900
Scenario 10	810	810	890	990	1,100	1,200	1,300	1,400	1,400
Scenario 11	810	800	870	940	970	980	960	920	850
Scenario 12	810	810	870	930	990	1,000	1,100	1,100	1,100
Scenario 13 (BAU)	810	810	910	1,100	1,200	1,500	1,900	2,400	2,800
Scenario 14 (BAU)	810	810	890	990	1,100	1,300	1,600	1,800	2,100
Scenario 15 (BAU)	810	800	870	940	970	1,000	1,100	1,200	1,200
Scenario 16 (BAU)	810	810	870	930	990	1,100	1,300	1,400	1,500

Taula 7. Emissions de diòxid de carboni emès pel sector marítim als diferents escenaris.

3. Evolució del marc legislatiu en relació a la prevenció de la contaminació atmosfèrica provinent de l'activitat marítima. MRV IMO.

L'any 1945, amb el triomf dels Soviètics i dels Aliats, Europa queda novament destruïda per la Segona Guerra Mundial i redistribuïda en noves fronteres. Per tal d'impulsar una nova economia, cinquanta estats es reuniren a San Francisco a la Conferència de les Nacions Unides per redactar la Carta de les Nacions Unides. Van néixer en un clima on les elits empresarials es van fer ressò de la necessitat d'impulsar una nova economia global prometenent períodes de pau i prosperitat mitjançant el lliure comerç.

L'any 1948 es constitueix l'Organització Marítima Internacional, però no fou fins l'any 1958 quan entrà en vigència el nou Conveni. Aquesta nova organització neix amb el propòsit d'intentar universalitzar les diferents legislacions que promouen les diferents potències per tal de poder assegurar la seguretat de les persones que treballen dins el vaixell al mar, juntament amb l'interès de col·laboració per tal d'elaborar estrictes normes de prevenció relacionades amb la seguretat i la contaminació marítima provinent de l'activitat dels vaixells. També els armadors i propietaris d'empreses encarregats de transportar els diferents productes buscaven una seguretat dels seus productes en navegació entre els diferents països, ja que l'increment de competència, per causa de les diferents inversions en seguretat, desestabilitzaven la seguretat marítima internacional.

Entre d'altres convenis redactats per la IMO, com és el Conveni Internacional per la Seguretat de la Vida humana al mar (SOLAS), en el qual s'estableixen diferents normes relacionades amb la prevenció de la seguretat marítima, l'any 1973 es redacta el conveni més important en relació a la prevenció de la contaminació marítima provinent dels vaixells a causa d'accidents o pel seu propi funcionament (MARPOL). L'any 1978 es redactà el Protocol del 78, el qual absorbí el Conveni original. Entrà en vigor l'any 1983 després d'haver-se produït diversos accidents amb conseqüències desastroses per l'ecosistema marí. Fins l'any 2005 no entrà en vigor l'annex VI, el qual fa referència a la prevenció de la contaminació atmosfèrica i la reducció de gasos d'efecte hivernacle provinent dels vaixells.

L'annex fa referència a tot tipus de gasos produïts durant l'activitat marítima emesos a l'atmosfera. Entre els més importants es troben els òxids de sofre (SO_x), òxids de nitrogen (NO_x) i diòxid de carboni (CO_2).

El Comitè de protecció del medi marí (MEPC) és l'òrgan encarregat del control i de la prevenció de la contaminació marina dins dels àmbits de competències de la IMO, on s'inclouen els hidrocarburs, els productes químics transportats a granel, les deixalles i les aigües brutes, i els gasos d'efecte hivernacle produïts per l'activitat.

D'acord amb els objectius establerts, el projecte es centrarà en la prevenció de la contaminació atmosfèrica inclosa a l'annex VI del MARPOL 73/78, més en concret en la reducció del CO_2 , un dels gasos que més contribueix a l'escalfament global i a l'efecte hivernacle.

El Comitè de protecció del medi marí, l'any 2011 mitjançant la resolució MEPC 203(62) adoptà una primera mesura preventiva relacionada amb les emissions de diòxid de carboni. Es tractava de la implementació d'un nou índex d'eficiència energètica (EEDI) el qual et permetia saber la quantitat d'emissions de CO_2 per tona transportada i milla nàutica navegada. Establint aquest criteri s'aconsegüí poder adoptar un pla d'eficiència energètica (SEEMP), exigint a cada vaixell l'adopció d'un EEDI menor al EEDI establert com a valor de referència per a cada tipus de vaixell. Passat un any, a través de la resolució MEPC.212(63) es proporcionà una guia de càlcul i aplicació de l'índex d'eficiència energètica conjuntament amb una guia de desenvolupament del SEEMP. L'any 2016, amb la resolució MEPC.282(70), substituint MEPC.212(63) s'esmena finalment un full de ruta per al desenvolupament d'un pla d'administració d'eficiència energètica. Es separa en dues parts: la primera part fa referència a la implementació d'un pla per tal de millorar l'eficiència energètica, mentre que la segona part té com a objectiu l'adopció d'un pla de recaptació de dades del consum de fuel oil del vaixell.

A la regulació per a la prevenció de la contaminació atmosfèrica inclosa a l'Annex VI del MARPOL 73/78, al capítol 4 anomenat *Regulacions per l'eficiència*

energètica dels vaixells, s'inclou la Regulació 22: Pla d'administració de l'eficiència energètica dels vaixells.

Regulation 22.

1. Each ship shall keep on board a ship specific Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). This may form part of the ship's Safety Management System (SMS).
2. On or before 31 December 2018, in the case of a ship of 5,000 gross tonnage and above, the SEEMP shall include a description of the methodology that will be used to collect the data required by regulation 22A.1 of this Annex and the processes that will be used to report the data to the ship's Administration.
3. The SEEMP shall be developed taking into account guidelines adopted by the Organization.

El primer paràgraf de la Regulació 22A dictamina que:

"From calendar year 2019, each ship of 5,000 gross tonnage and above shall collect the data specified in appendix IX to this Annex, for that and each subsequent calendar year or portion thereof, as appropriate, according to the methodology included in the SEEMP".

La informació que ha de ser enviada a l'Administració, com mostra la Regulació 22A, ve inclosa a l'Apèndix IX, on es troba tota la informació i totes les dades que han de ser incloses a la base de dades de consum de fuel oil creada per l'Administració*:

A) Identity of the ship

1. IMO number

B) Period of calendar year for which the data is submitted

1. Start date (dd/mm/yyyy)
2. End date (dd/mm/yyyy)

C) Fuel oil consumption, by fuel oil type in metric tonnes and methods used for collecting fuel oil consumption data.

D) Distance travelled

E) *Hours underway*

F) *Technical characteristics of the ship*

1. *Ship type, as defined in regulation 2 of this Annex or other (to be stated)*
2. *Gross tonnage (GT)*
3. *Net tonnage (NT)*
4. *Deadweight tonnage (DWT)*
5. *Power output (rated power) of main and auxiliary reciprocating internal combustion engines over 130 kW (to be stated in kW)*
6. *EEDI (if applicable)*
7. *Ice classe*

Les diferents metodologies per les quals s'ha de obtenir la quantitat de diòxid de carboni venen esmentades a la "Resolució MEPC.282(70) Guia pel desenvolupament del pla d'eficiència energètica. Part II: Pla de recaptació de dades del consum de fuel oil" on es detalla tota la informació necessària per tal de poder incloure al SEEMP la metodologia més eficient pel vaixell.

Per poder obtenir el certificat de compliment respecte les noves resolucions decretades pel MEPC en relació al nou sistema de recaptació de dades de fuel oil per cada vaixell, la resolució MEPC.278(70) adoptada el 2016, més concretament, la Regulació 6, especifica que l'organisme encarregat de certificar si les dades estan en concordança amb la regulació 22A és l'Administració o qualsevol organització degudament autoritzada (Resolució A.739(18)). Haurà d'emetre el certificat de conformitat abans de cinc mesos després d'haver començat l'any natural responsabilitzant-se de l'autoria del Certificat. Al final de l'any natural, totes les dades recaptades durant el darrer any hauran de ser guardades dins una base de dades. Les dades del vaixell hauran de ser enviades dins els tres mesos següents al final de l'any a l'Administració. L'enviament de les dades s'haurà de realitzar telemàticament i mitjançant la utilització d'un format estàndard desenvolupat per l'Administració. Totes les dades enviades a l'Administració seran retingudes i hauran de tenir un fàcil accés durant almenys dotze mesos després del fi de l'any natural.

L'Organisme acreditat per a la certificació del document de compliment de l'informe de consum de fuel oil haurà d'enviar les dades a la base de dades de la IMO no més tard d'un mes després de l'enviament del Certificat de compliment. El secretari general de l'Organització serà l'encarregat de redactar un informe anual amb les dades recaptades que poden ser d'interès pel Comitè. A l'informe anual es mantindrà l'anonimat en relació a la identitat del vaixell. Al cas que el vaixell es canviï de companyia, aquest haurà d'ensenyar tan aviat com sigui possible l'informe amb les dades sol·licitades a l'Administració del període de temps que ha estat treballant per l'antiga companyia; si el vaixell ha canviat d'Administració, s'haurà de mostrar l'informe de les dades sol·licitades durant el període de temps en que s'ha treballat amb l'antiga Administració a aquesta mateixa; al cas en que es canviï tant d'Administració com de companyia s'haurà d'actuar amb el mateix procediment de canvi d'Administració.

4. Evolució del marc legislatiu en relació a la prevenció de la contaminació atmosfèrica provinent de l'activitat marítima. MRV UE.

D'altra banda, la Unió Europea també legislà un marc normatiu per fer front a la amenaça de l'escalfament global, ja que davant les pressions mediambientals per causa de l'augment de l'activitat marítima, es va veure obligada a adoptar una sèrie de mesures preventives per tal de reduir la contaminació atmosfèrica.

L'any 1997 s'adopta el Protocol de Kioto a través de la Convenció de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic, però no fou fins l'any 2005 que entrà en vigència. És un tractat en el qual tots els països membres -187 l'any 2009- es comprometien a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Però no és fins l'any 2015 on el Consell i el Parlament Europeu adopten el Reglament (UE) 757/2015 en relació al seguiment, notificació i verificació de les emissions de diòxid de carboni provinent de l'activitat marítima modificant la Directiva 2009/16/CE.

En aquesta normativa s'estableixen una sèrie de normes per tal que els vaixells de més de 5000 GT -amb l'excepció dels vaixells de guerra, vaixells de pesca, vaixells auxiliars, vaixells sense propulsió mecànica i vaixells governamentals no usats per fins comercials- que operin en ports davall jurisdicció d'un UE¹, tant si estan al mar com atracats, realitzin un Pla de Control que descrigui el sistema de recaptació de dades del consum de combustible i de les emissions de CO₂ escollit entre diferents metodologies. Les diferents metodologies de recaptació de dades són el *Bunker Delivery Note* (BDN), *bunker fuel tank* de control a bord, mètode de control de flux dels processos de combustió i els mesuraments

¹ Els següents territoris no són considerats territoris baix jurisdicció de la Unió Europea: Greenland and the Faroe Islands, French Polynesia, Mayotte, New Caledonia, Saint-Barthélemy, Saint Pierre and Miquelon, Wallis and Futuna, Aruba, Bonaire, Saba, Sint Eustatius, Curaçao, Sint Maarten, Anguilla, Bermuda, British Antarctic Territory, British Indian Ocean Territory, British Virgin Islands, Cayman Islands, Falkland Islands, Bailiwick of Guernsey, Isle of Man, Jersey, Montserrat, Pitcairn, Henderson, Ducie and Oeno Islands, Saint Helena, Ascension and Tristan da Cunha, South Georgia and the South Sandwich Islands, Turks and Caico Islands, Akrotiri and Dhekelia.

D'altra banda, els següents territoris si que estan baix jurisdicció de la UE: Açores, Madeira, Canaries, Guadeloupe, French Guyana, Martinique, Mayotte, Saint Martin and Reunion.

directes de les emissions. El Pla de Control havia d'estar verificat abans del 31 d'Agost de l'any 2017, abans de començar el període de control durant el 2018.

Segons l'article 6 de la Regulació MRV EU el *Monitoring Plan* haurà d'incloure:

- IMO Identification number and name of ship and shipping company / ship owner
- Identification of emissions sources on board
- Description of the procedures for monitoring the fuel consumption of the ship, including the method used to calculate the fuel consumption of each CO2 emission, the procedures for the measurement of fuel loaded tank contents, a description of the measuring equipment used and the method used to determine density, where applicable. There should be a procedure to ensure that the total uncertainty of fuel measurements is consistent with the requirements of the MRV Regulation
- Procedures for quality control: emission factors used for each fuel type, or the methodologies for determining the emission factors for alternative fuels, including details of sampling methods, fuel analysis and the laboratories used along with the ISO 17025
- Identification of responsibilities and ICT systems used
- Methodology for data gaps

Finalment les dades recaptades durant el viatge² -consum i càrrega comercial transportada per milla nàutica entre d'altres- hauran de ser verificades per un verificador independent degudament acreditat abans del 30 d'Abril del 2019, i si està degudament acreditat, s'enviarà l'informe a la Comissió Europea i a l'Estat del qual s'està abanderat i el vaixell haurà de portar el document de compliment a bord.

EMSA, *European Maritime Safety Agency* es l'òrgan coordinador dels processos de verificació, com són els *Port State Control* i les organitzacions verificadores, les quals s'encarregaran de determinar si el *Monitoring Plan* compleix amb els requisits determinats. Posteriorment, la Comissió Europea farà públic l'informe anual per poder analitzar si les millores instal·lades, per tal de maximitzar la eficiència energètica, estan degudament instal·lades o si el vaixell necessita millorar el seu Pla de Control.

² Es considera viatge al trajecte des de l'últim port de càrrega o descàrrega fins al port baix jurisdicció de la UE, des de el port baix jurisdicció de la UE fins al port de càrrega o descàrrega següent, o al trajecte entre dos ports baix jurisdicció de la UE.

A continuació, s'exposa una taula on es mostren les diferències i les similituds entre la normativa MRV legislada per la Unió Europea i l'Organització Marítima Internacional.

	IMO	MRV UE
Monitorització	Vaixells de 5000 GT o més, inclosos tots els viatges a qualsevol port. S'haurà d'incloure la metodologia al Pla d'Eficiència Energètica (SEEMP) del vaixell.	Vaixells de 5000 GT o més, amb destinació o des de ³ qualsevol port de la Unió Europea. S'haurà d'incloure la metodologia de monitorització al Pla de Control
Primer període de monitorització	1 de Gener del 2019 al 31 de Desembre del 2020	1 de Gener del 2018 al 31 de Desembre del 2019
Verificació	Organització degudament acreditada per la Regulació A.739(18).	Verificador Independent degudament acreditat
Organització d'enviament de les dades recaptades	Estat al qual ha estat abanderat	Comissió Europea
Certificació	Extracte de compliment	Document de compliment
Publicació	Informe anual anònim i privat	Informe anual públic
Paràmetres	<ul style="list-style-type: none"> ·Consum de fuel oil (tant en port com al mar) ·Distància viatjada ·Duració del viatge 	<ul style="list-style-type: none"> ·Consum de fuel oil (tant en port com al mar) ·Distància viatjada ·Duració del viatge ·Càrrega transportada
Vaixells exempts		<ul style="list-style-type: none"> ·Vaixells de guerra ·Vaixells auxiliars ·Vaixells sense propulsió mecànica ·Vaixells governamentals no usats per fins comercials ·Vaixells de pesca

Taula 8. Comparativa entre la normativa UE i IMO MRV.

³ La Regulació MRV serà aplicable als ports on el vaixell carregui o descarregui càrrega, o embarquin o desembarquin passatgers. Si el vaixell s'atura a un port amb l'únic propòsit de recarregar combustible, provisions, arreglar qualche averia, etc queda exclòs de la Regulació MRV. Tampoc es aplicable als vaixells usats per activitats de dragatge, trencaglaç, col·locació de canonades, plataformes off-shore i activitats de rescat i salvament.

5. Sistema de monitorització, recaptació de dades i verificació (*monitoring, reporting and verification*) de les emissions de diòxid de carboni.

La Regulació MRV redactada per la Unió Europea i per l'IMO consisteix en el control de combustible dels diferents consumidors de fuel-oil instal·lats al vaixell, per poder obtenir a través d'un sistema de recaptació de dades una sèrie de paràmetres que permetran realitzar un registre del consum de combustible. Per tal d'assegurar que les dades obtingudes a través dels processos de monitorització són correctes, s'haurà de certificar a través d'un verificador degudament acreditat. D'aquesta manera l'Administració -tant els Port State Control com els Estats- redactarà un informe anual per poder analitzar la quantitat de diòxid de carboni que s'ha emès des dels vaixells i podrà penalitzar als vaixells que no compleixin amb els mínims requerits.

El sistema MRV consta de tres fases, de les quals s'han de respectar les diferents metodologies proposades per la Unió Europea o l'IMO. La primera fase, Monitorització, cobreix tots els dispositius encarregats d'obtenir les dades de consum de combustible de tots els consumidors; la segona fase, Registre de les dades recaptades, es refereix a tots els informes, bases de dades i comunicacions amb les autoritats pertinents; i la tercera fase, Verificació, consisteix en detectar possibles errors o frauds en els informes pertinents, d'aquesta manera es certifica que el vaixell compleix els requisits mínims marcats per la regulació MRV.

Per tal que el programa MRV permeti arribar als seus objectius de la manera més precisa i correcte, el científic ambiental John Schakenbach, l'enginyer ambiental Robert Vollaro i el cap de sucursal, Reynaldo Forte, amb la col·laboració de l'Agència de Protecció Ambiental (EPA) dels Estats Units proposen una sèrie d'elements clau⁴ permetent que el sistema MRV es desenvolupi de la manera més eficaç, de la mateixa manera que es va considerar en diferents programes anteriors, com per exemple *Acid Rain Program* (ARP), *Nitrogen Budget Trading*

⁴ Schakenbach J., Vollaro R. and Forte R., "Fundamentals of Successful Monitoring, Reporting, and Verification Under a Cap-and-Trade Program" *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 56, (2006), pp 1576-1583.

Program (NBTP), Clean Air Interstate Rule (CAIR) i Clean Air Mercury Rule (CAMR).

Els elements que es consideren importants a l'hora d'implementar el sistema MRV són els següents:

1. Garantia de compliment mitjançant incentius i penalitzacions.

Degut al procediment tradicional, que tenia l'EPA amb els programes ARP i NBTP, de recórrer al sistema judicial per implementar i fer complir el programa establert, el qual sols creava incertesa i despeses monetàries, l'Agència de Protecció Ambiental proposa un nou procediment, que mitjançant incentius i penalitzacions projecta una major contribució del sector a respectar les noves regulacions juntament amb una reducció de les despeses econòmiques.

2. Garantia d'una forta qualitat (QA).

La qualitat és l'essència de que el programa garanteixi l'assoliment dels objectius marcats en la reducció de les emissions. La utilització d'aparells de monitorització amb precisió, el correcte funcionament de la transferència de dades i la correcte verificació per un verificador degudament acreditat, garantiran una forta qualitat al sistema MRV.

3. Enfocament col·lectiu.

La col·laboració entre els diferents autors del procés és crucial pel correcte desenvolupament del mateix. La part humana és molt important a l'hora de complir amb els propòsits per projecte, ja que si tots els autors respecten les normes establertes a la regulació MRV realment es reduiran les emissions.

4. Flexibilitat de compliment de les fonts de baixa emissió.

Els autors opinen que després d'haver analitzat els resultats d'altres programes similars, l'ús de recursos tradicionals en fonts de baixa emissió o excloure determinats sectors del programa utilitzant un valor de referència apropiat per les fonts de baixa emissió, incrementa l'eficiència. Malgrat això, la diferència entre el total d'emissions considerant o exclouent les fonts de baixa emissió serà mínima, tot i que un sistema de qualitat hauria de poder implicar totes les diferents fonts per poder registrar amb molt més precisió el total d'emissions emeses pel vaixell.

5. Registre de dades de les emissions complet.

El registre de dades hauria de ser el més complet possible. Per exemple, un vaixell amb un motor principal hauria de registrar totes les dades durant totes les etapes -des de l'encesa del motor, passant per les maniobres i la navegació, fins a l'apagada del motor-, sempre que durant alguna etapa no existeixi molta dificultat pel registre de dades. En aquest cas, es podria adoptar un factor d'emissió de referència.

6. Dades públicament disponibles.

La transparència en el registre de dades i en l'informe anual de les emissions de diòxid de carboni és un tema crucial per tal que el sistema MRV es dugui a terme i s'assoleixin els objectius marcats. El fet de publicar les dades obertament requereix una col·laboració molt estreta entre els armadors i les diferents organitzacions marítimes, ja que hauran de suprimir la privacitat operacional que s'està duent a terme a l'actualitat, el qual els hi permet no mostrar les dades de consum per tal de no compartir les reformes operacionals en relació a l'eficiència energètica i així poder abaratir els costos.

7. Escala d'implementació i incertesa.

L'autor John Schakenbach destaca la importància de dues qüestions: la informació rellevant enfront de comparabilitat, és a dir, les dades podran ser comparades depenent de la tipologia del vaixell, ja que el sistema de monitorització elegit dependrà de cada tipus de vaixell, i els costos enfront la incertesa, és a dir, un alt nivell de precisió als aparells encarregats de la recaptació de dades farà que la inversió sigui més costosa, i per tant, augmentarà la qualitat del sistema. La variable que ha de guanyar importància ha de ser la incertesa, i per tant, s'han d'exigir uns valors mínims.

8. Incerteses.

Existeixen moltes incerteses a l'hora de monitoritzar un procés. Les dades recaptades dependran de cada aparell, però sobretot de la precisió i exactitud en les seves mostres. Una de les solucions de poder obtenir un alt grau d'exactitud és instal·lar diverses metodologies i poder així, calcular el grau d'incertesa que té el sistema. Altres incerteses venen determinades per la diferència entre el valor teòric i el valor real, fet que

condiciona la importància d'elegir un adequat valor de referència. La verificació del procés és una de les etapes més importants a l'hora d'assegurar la qualitat del sistema, ja que és l'etapa en que es determinarà el rang de precisió. Un estret rang de precisió assegurarà el correcte desenvolupament del programa.

9. Factor d'emissió.

El factor d'emissió és un element molt important a l'hora d'obtenir un resultat el més precís possible, ja que representa la conversió entre els càlculs teòrics i la pràctica. La utilització de factor d'emissió obtinguts a partir d'una base de dades àmplia comportarà un resultat poc precís, mentre que un factor d'emissió obtingut a través d'estrictes filtres proporcionarà un resultat més precís.

6. Sistemes de monitorització proposats per la Unió Europea i l'Organització Marítima Internacional.

Com s'ha explicat anteriorment, el sistema de monitorització ha d'estar degudament explicat al *Monitoring Plan* o al Pla d'Eficiència Energètica del vaixell (SEEMP), ja que es requereix que tots els consumidors de combustible estiguin degudament controlats i connectats a la base de dades. D'altra banda, tots els paràmetres relacionats amb l'eficiència energètica operacional també haurien d'estar recollits al llibre de registre de la sala de màquines.

Els diferents mètodes -proposats per l'IMO i exposats a continuació- per a la recaptació de dades tenen com a objectiu informar sobre diferents paràmetres -tal com consum de combustible, temperatura de circulació del combustible, etc- o fins i tot poder controlar els flux de combustible dels diferents consumidors per tal d'optimitzar al màxim el consum i així fer més rendible l'energia consumida del vaixell.

1. Bunker Delivery Note.

La primera metodologia proposada prové del *Bunker Delivery Receipt*, el qual consistia en l'entrega d'un document amb la quantitat de combustible lliurat per part del proveïdor al client. El *Bunker Delivery Note* consisteix en el registre d'una sèrie de paràmetres -com per exemple la quantitat de combustible lliurat- per part dels proveïdors, per tal d'evidenciar el lliurament del producte. El BDN haurà d'incloure els següents paràmetres:

- Nom i nombre IMO del vaixell que ofereix el servei.
- Port de càrrega de combustible.
- Data del lliurament del combustible.
- Nom, adreça i telèfon del proveïdor.
- Nom del producte lliurat.
- Quantitat en tones mètriques.
- Densitat a 15° C.
- Contingut de sofre.

El BDN també anirà acompanyat d'un seguit de mostres per proporcionar l'evidència del compliment de la regulació. Les mostres hauran de ser degudament registrades per un nombre d'identificació al BDN. El *Bunker Delivery Note* s'haurà de guardar a bord del vaixell durant tres anys, i el *Port State Control* serà l'autoritat encarregada d'inspeccionar i verificar si es compleix amb la regulació.

2. *Bunker fuel tank* de monitorització a bord.

Aquest mètode consisteix en la lectura, mitjançant aparells de mesura, com poden ser cintes submergibles, autòmats programables (PLC's) o el sondeig del nivell de combustible als dipòsits. Les lectures s'hauran de realitzar diàriament si el vaixell es troba al mar o cada vegada que el vaixell reposti combustible.

Les diferents tecnologies existents per realitzar les lectures són⁵:

I. Sondeig electrònic.

Per poder obtenir una lectura del nivell de combustible existent als tancs s'utilitzen uns sensors de pressió, els quals envien una senyal al receptor i mitjançant un autòmat programable, envien les dades recaptades a la base de dades.

II. Sondeig mecànic.

Amb l'ajuda d'indicadors de nivell com elements flotants (boies) i mitjançant el sistema mecànic, és possible obtenir una lectura del nivell dels diferents tancs de combustible.

III. Sondeig manual.

En aquest mètode, la cinta de sondeig és usada juntament amb un pes unit al seu extrem. És el mètode més comunament usat per al càlcul de nivell del tanc.

⁵ <https://officerofthewatch.com/2013/07/02/monitoring-of-bunker-fuel-consumption/>

3. Cabal de fuel.

El mètode de control de cabal de combustible és un sistema que mesura la quantitat de fuel enviada als motors, generadors o calderes. Permet determinar mitjançant el caudal per les diferents canonades, la quantitat de combustible que es consumeix. Per tal de determinar tot el fuel utilitzat a bord, totes les sortides de combustible hauran de ser monitoritzades. Les tecnologies més usades són:

- I. Comptador electrònic de cabal (Volum).
Aquest tipus de tecnologia permet equipar al motor principal amb una monitorització constant.
- II. Comptador de cabal mitjançant un sensor de velocitat.
El comptador de cabal de turbina és comú en vaixells de gran dimensió. Mesura la velocitat rotacional de la turbina dins la canonada, la qual és convertida en cabal volumètric. El cabal del tanc de sedimentació i el d'ús diari és mesurat per dos comptadors de cabdal, el de subministrament i el de retorn.
- III. Comptador de cabal basat en la pressió.
Aquesta tecnologia no pren mostres directes de les variables de cabal -volum, massa o velocitat- sinó que estima el cabal a través de la diferència de pressions en la canonada.
- IV. Comptador òptic de cabal.
- V. Comptadors de cabal mitjançant el desplaçament positiu.

-
4. Mesurament directe de les emissions al col·lector de gasos d'escapament.
- Els sistemes de monitorització contínua d'emissions (CEMS) són històricament usats com a eina per a la monitorització dels gasos de combustió.
- La monitorització directa permet la combinació de les mostres de diòxid de carboni amb les mostres d'altres contaminants atmosfèrics.

7. **Balanç del potencial teòric de les diferents metodologies.**

Al present capítol, es realitzarà un anàlisis qualitatiu per tal d'obtenir una qualificació general de les diferents metodologies proposades per l'Organització.

Per tal d'avaluar les diferents metodologies i degut a la privacitat de diferents companyies, les quals no han pogut transferir els paràmetres sol·licitats per posar el sistema MRV en prova, i així, fer un anàlisis pràctic de les diferents metodologies amb diferents tipus de vaixells, s'han agafat alguns aspectes teòrics -com la precisió, els costos, la disponibilitat o la transparència de les dades, el potencial d'execució i eficiència- i se'ls ha comparat. D'aquesta manera, és possible realitzar un balanç de les diferents metodologies i exposar les qualitats i les mancances de cada sistema de monitorització.

Taula 9. Balanç de les diferents metodologies en funció de l'equipament necessari, la precisió dels aparells utilitzats i els costs respectius.

Mètode de monitorització	Paràmetres/equips necessaris	Precisió	Costs
<i>Bunker delivery note (BDN)</i>	Informe del BDN. Llibre de registre de combustible.	Varia depenent del mètode de conversió elegit. Entre 1-5%.	No exigeix costs de manteniment ni d'equipament. Si el BDN va acompanyat de comprovacions periòdiques, incrementa els costs addicionals. Si les comprovacions es realitzen manualment, incrementa els costs. Els informes realitzats exigeixen unes despeses.
<i>Bunker fuel tank per a la monitorització</i>	Període de temps considerat. Tipus de fuel oil. Contingut de sofre. Mesuraments dels tancs de fuel a bord.	Depèn de les discrepàncies entre el volum del tanc i l'actual volum consumit a causa dels processos de tractament del fuel a bord.	1.000-3.000 \$ per tanc. Exigeix costs de manteniment. Els costs disminueixen en funció del grau d'automatització de les lectures dels tancs.
Control de cabal	Cabalímetres a tots els consumidors de combustible a bord.	Gran potencial de precisió.	15.000-60.000 \$ depenent de l'aparell i tecnologia utilitzats per al control del cabal.

			Costs de manteniment i de calibratge.
Mostres directes al col·lector de gasos d'escapament	CEM a cada consumidor. Sistema de recol·lecció i registre continuat de dades.	Gran potencial de precisió. 2 % d'incertesa.	120.000-130.000 \$ depenent del sistema i de la tecnologia utilitzada.

Taula 9. Balanç de les diferents metodologies en funció de l'equipament necessari, la precisió dels aparells utilitzats i els costs respectius.

Taula 10. Avaluació de les diferents metodologies en relació a la disponibilitat dels paràmetres a monitoritzar.

Metodologia	Equipament necessari	Disponibilitat de les dades
BDN	Informe del BDN.	Està disponible a tots els vaixells, però existeix una nul·la voluntat a divulgar les dades.
	Llibre de registre de combustible.	El llibre de registre de combustible permet clarificar quin tipus de combustible ha estat utilitzat en un viatge/temps determinat.
Bunker fuel tank per a la monitorització	Període de temps considerat	No està disponible.
	Tipus de fuel oil.	HFO, MDO, etc
	Contingut de sofre.	Disponible des del BDN o mitjançant les mostres preses. La informació no està disponible.
Control de cabal	Cabalímetres a tots els consumidors de combustible a bord.	Les dades de consum dels consumidors estan disponibles. Són registrades al llibre de consum de la sala de màquines. També estan registrades a una base de dades, incloent els sistemes HFO i MDO.
Mostres directes col·lector de gasos d'escapament	CEM a cada consumidor. Sistema de recol·lecció i registre continuat de dades.	Permet saber la quantitat de diòxid de carboni que s'emet, però no proporciona les dades de consum de combustible.

Taula 10. Avaluació de les diferents metodologies en relació a la disponibilitat dels paràmetres a monitoritzar.

D'aquesta manera han quedat descrites i avaluades les diferents metodologies proposades per la UE i la IMO. Per tal de clarificar els avantatges i els inconvenients que té cada sistema de monitorització, a continuació es realitza una taula a mode de resum dels diferents sistemes de monitorització a bord del vaixell.

Taula 11. Avaluació d'avantatges i inconvenients de les metodologies proposades.

Metodologia	Avantatges	Inconvenients
BDN	<ul style="list-style-type: none"> · Permet calcular el total d'emissions mitjançant el consum total del vaixell. · No existeixen costos de manteniment ni d'instal·lació. 	<ul style="list-style-type: none"> · No permet el càlcul de consum dels diferents consumidors de combustible -HFO o MDO-. · Existeix una opacitat de les companyies o armadors a l'hora de transferir les dades de consum.
<i>Bunker Fuel tank</i>	<ul style="list-style-type: none"> · Permet calcular diàriament els volums de combustible dels tancs. · Comporta menys despeses que el Flow meters i CEMS 	<ul style="list-style-type: none"> · Existeix una opacitat de les companyies o armadors a l'hora de transferir les dades de consum. · No permet el control ni el càlcul del consum dels diferents consumidors de combustible a bord.
<i>Flow meters</i>	<ul style="list-style-type: none"> · Permet controlar el consum de combustible de tots els consumidors mitjançant cabalímetres. · Control a temps real i registre de dades a la base del consum de combustible. · Presenta el potencial més alt de precisió. 	<ul style="list-style-type: none"> · Més car que els BDN i <i>bunker fuel tanks</i>. · Comporta costos addicionals de manteniment i calibratge.
CEMS	<ul style="list-style-type: none"> · Permet saber la quantitat exacte d'emissions de diòxid de carboni que es generen a tots els processos de combustió. · Alt índex de precisió. · Permet saber la quantitat d'altres gasos. 	<ul style="list-style-type: none"> · Per saber el consum de combustible s'haurà de convertir per mitjà del factor d'emissió. · Es el sistema de monitorització més car.

Taula 11. Avaluació d'avantatges i inconvenients de les metodologies proposades.

8. Metodologies de control teòric.

Com s'ha explicat anteriorment, les metodologies exposades són classificades com “*on board methods*”, ja que la seva utilitat recau en el control de diferents paràmetres a bord del vaixell.

Al present apartat es presenten algunes metodologies que tenen la rellevància suficient com per ser considerades i exposades. Aquestes metodologies s'anomenen de base teòrica, ja que el control dels diferents paràmetres no es realitza a bord del vaixell, sinó que es realitza a través de diferents sistemes, com per exemple a través del sistema AIS -STEAM 2- o mitjançant l'ús de qüestionaris -CARB-.

El sistema STEAM 2, com s'ha dit anteriorment, és un sistema que es basa en el control en temps real dels vaixells mitjançant el sistema AIS. A través d'aquest sistema, es permet saber la distància viatjada, la duració del viatge, la velocitat del vaixell, el nom i nombre IMO, les dimensions del vaixell i molts altres paràmetres. Basat amb les propietats de cada vaixell i amb el seu requeriment energètic -la informació de cada vaixell i les propietats dels motors principals i auxiliars són extrets de la base de dades IHS Fairplay juntament amb la informació facilitada per les societats de classificació i altres fonts-, el model permet calcular el consum energètic i el factor de càrrega del motor, i en conseqüència, permet avaluar el consum de combustible del vaixell. D'aquesta manera, permet determinar la quantitat d'emissions de diòxid de carboni, òxids de sofre, òxids de nitrogen, monòxids de carboni i PM en funció del temps i de la localització del vaixell.

El model també té la capacitat d'estimar la energia que necessita el motor per aconseguir la velocitat desitjada, ja que també és capaç de determinar la resistència a l'avanç del vaixell per mitjà del mètode de Hollenbach. Aquest mètode predictiu es basa amb altres mètodes, com és el mètode de Holtrop-Mennen i permet determinar la resistència a l'avanç i l'energia sol·licitada si les dimensions del casc i les dades del motor estan disponibles, sense conèixer la velocitat del vaixell.

La resistència a l'avanç es un paràmetre important a l'hora de calcular l'energia i la potència necessària per assolir la velocitat d'avanç requerida. El model es basa en el càlcul, per mitjà del sistema AIS, de la potència necessària. Realitzar un balanç del factor de càrrega dels motors principals, resulta ser determinant a l'hora d'optimitzar el rendiment del motors principals o auxiliars, ja que en un instant determinat l'energia sol·licitada varia, es gestionen els factors de càrrega dels motors principals per tal d'estalviar el màxim de combustible, i així, reduir les emissions contaminants. Treballar entre el 70 i 85% de factor de càrrega implica disminuir el consum de combustible. Al següent gràfic s'exposen tres diferents corbes de consum de tres motors principals de diferents fabricants, en funció del factor de càrrega: Wärtsilä, Caterpillar i MAN.

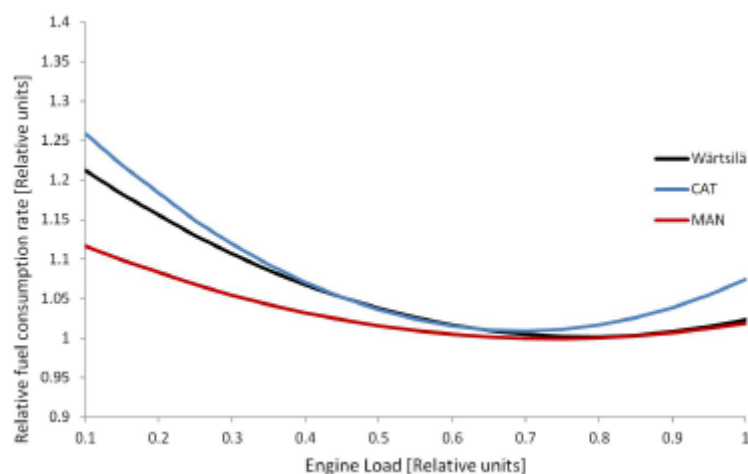


Figura 14. Relació entre el consum de fuel i el factor de càrrega.

Al model anterior -STEAM- la velocitat d'avanç del vaixell era un paràmetre crític, el qual no permetia obtenir un resultat precís. En l'actual model s'evita aquesta problemàtica i s'aconsegueixen uns resultats més precisos, tot i que actualment està limitat per la falta d'informació dels motors i del casc.¹

D'altra banda, el sistema CARB proporciona les dades de consum per mitjà d'una sèrie de qüestionaris i per tant, a través del factor d'emissió, es podran saber les emissions de diòxid de carboni que s'han generat durant la combustió. Depenent

¹ <https://www.atmos-chem-phys.net/12/2641/2012/acp-12-2641-2012.html>

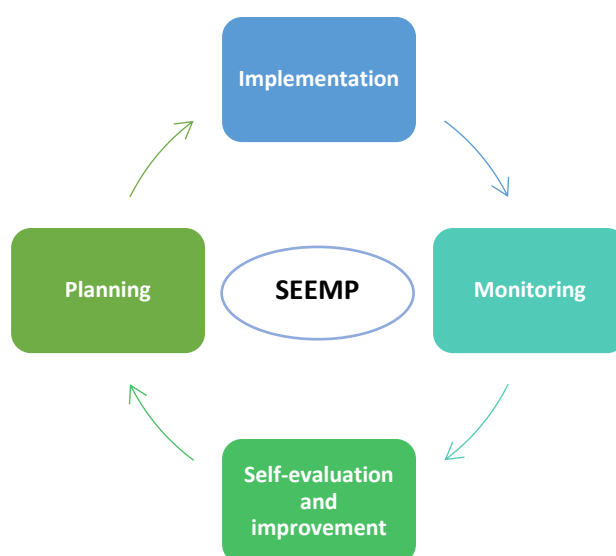
de la intencionalitat del qüestionari, s'obtindran uns resultats més o menys precisos, és a dir, un qüestionari més detallat permetrà obtenir uns resultats més precisos i fiables. Per tal d'obtenir uns resultats fiables, els qüestionaris haurien d'incloure:

- Vaixell: Nom, data de construcció, demanda d'energia elèctrica, arqueig brut, arqueig net, pes mort i mitjana de consum diari a velocitat de creuer.
- Motor principal: Nombre, tipus, data de construcció, fuel utilitzat, energia mitjana al mar i velocitat mitjana.
- Motors auxiliars: Model, tipus, data de construcció, fuel utilitzat, energia mitjana generada des dels motors i modificacions del potencial del vaixell per utilitzar fuels destil·lats.

Malgrat això, els resultats dels qüestionaris CARB també depenen de la voluntat de l'armador a lliurar les seves dades, ja que actualment existeix una opacitat, a causa de la competència, a lliurar les dades de consum, temperatura, volums de combustible, etc.

9. Importància del SEEMP, EEOI i EEDI.

Com es va comentar anteriorment al capítol de l'evolució del marc legislatiu en relació a la contaminació atmosfèrica per part de l'IMO, a través de la directiva *MEPC.203(62): Amendments to MARPOL annex VI on regulations for the prevention of air pollution from ships by inclusion on new regulations on energy efficiency for ships*, tots els vaixells estan obligats a plantejar i realitzar un pla d'eficiència energètica del vaixell - Ship Energy Efficiency Management Plan-. L'objectiu del Pla d'eficiència energètica (SEEMP) consisteix en obligar a incloure reformes operacionals per tal de millorar el rendiment i l'eficiència energètica a bord del vaixell, de manera que s'optimitzi al màxim l'aprofitament energètic i, d'aquesta manera, reduir les emissions de gasos provinents dels vaixells.



A continuació, es resumiran cadascun dels elements claus que constitueixen el SEEMP:

- **Planning.** El propietari del vaixell és requerit a revisar la pràctica i l'energia usada a bord de cada vaixell amb l'objectiu de determinar petites caigudes o àrees de millora pel que fa a l'eficiència energètica. Això és crucial com a primer pas per tal de desenvolupar un pla de maneig efectiu i d'aquesta manera identificar certs aspectes relacionats amb mesures específiques del vaixell, de la companyia i humanes.

- Implementació. Un cop conclosa la fase anterior, es requereix el desenvolupament d'un sistema que faci efectives les millores energètiques planificades per tal de ser implantades.
- Monitorització. La única manera de comprovar que les mesures implementades de millora energètica estan essent efectives consisteix en monitoritzar cadascuna d'elles quantitativament. S'ha de dur a terme seguint el procediment dictaminat per la IMO en la seva guia.
- Autoavaluació i millora. Aquest és el pas final en el cicle i permet avaluar si els diferents estrats del cicle han conduït a un resultat òptim. No només identifica com d'efectiva ha estat la mesura de la millora de l'eficiència energètica, sinó que també determina si existeixen opcions de millora. Tal mesura necessita ser avaluada individualment a una base de dades periòdica. Els resultats seran utilitzats per entendre el nivell de millores operacionals aconseguides en cada vaixell.

L'IMO, a través de la resolució *MEPC.282(60): Guideline for a development of SEEMP, Part I of the SEEMP. Ship management plan to improve energy efficiency* exposa una guia per a realitzar desenvolupaments que beneficiïn l'aprofitament energètic i disminueixin el consum d'energia a bord del vaixell.

La Regulació MRV forma part del SEEMP, ja que ha d'aportar una millor recaptació de dades de consum, i en conseqüència, ha d'ajudar a reduir el consum de combustible a bord del vaixell.

Per tal de poder comprovar si el vaixell compleix amb el SEEMP adoptat, es tenen en consideració dos índexs, el *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) i el *Energy Efficiency Operational Index* (EEOI).

- EEDI: És l'índex que permet relacionar el consum de combustible del vaixell amb les emissions de diòxid de carboni emeses per tona de càrrega transportada i milla nàutica. Té el propòsit de crear una base sòlida de comparació entre els mateix tipus de vaixells i estimular el desenvolupament de noves tècniques que millorin el rendiment energètic. Per a cada tipus de vaixell, hi ha un EEDI de referència⁶, el qual es defineix

⁶ MEPC.231(65): 2013 Guidelines for calculation of reference lines for use with the Energy Efficiency Design Index (EEDI)

com “*curve representing an average index value fitted on a set of individual index values for a defined group of ships*”.

Cada tipus de vaixell haurà d'aconseguir obtenir un valor de l'índex EEDI⁷ inferior al EEDI requerit per a cada tipus de vaixell. La resolució MEPC.203(62): *Amendements to MARPOL annex VI on regulations for the prevention of air pollution from ships by inclusion on new regulations on energy efficiency for ships* exposa el procediment per el qual s'ha de calcular el EEDI requerit.

- EEOI: Es defineix com l'indicador que relaciona la massa de diòxid de carboni emès per unitat de càrrega transportada⁸, proporcionant una relació precisa per a cada viatge.

Té com a objectiu intentar que els propietaris dels vaixells, armadors, enfoquin des de les millores operacionals, les quals els faran reduir el consum de combustible, la reducció d'emissions de diòxid de carboni. Per altra banda, representa l'actual eficiència de transport dels vaixells quan es troben en funcionament. És necessari un càlcul anual d'aquest indicador ja que experimenta variacions al llarg dels viatges a causa de factors aliens com condicions climatològiques, ambientals, marines o d'altres relacionades amb la càrrega que transporta el mateix.

L'índex EEOI es calcula per mitjà de la següent fórmula:

$$EEOI = \frac{\text{actual } CO_2 \text{ emissions}}{\text{performed transport work}}$$

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \cdot C_{Fj}}{m_{\text{cargo}} \cdot D_j}$$

A menor valor de l'índex EEOI, major serà l'eficiència energètica del vaixell.

⁷ MEPC.245(66): 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained EEDI for a new ships.

MEPC.281(70): 2016 Amendments on the 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained EEDI for a new ships.

⁸ MEPC.1/Circ.684: Guidelines for voluntary use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator.

10. Innovacions tecnològiques aplicables a l'esquema MRV.

Per tal d'aplicar la regulació MRV i que aquesta assoleixi els objectius marcats, Tecnoveritas -segons s'exposa a la seva pàgina web- és una companyia dedicada al desenvolupament de solucions i a l'oferta de diferents serveis -com per exemple la verificació de determinades regulacions com EEDI, SEEMP, ISO 50001, consultoria, auditories, etc- destinats a la indústria naval, especialitzada també en el sector de les emissions contaminants i aprofitament energètic.

Tecnoveritas ha desenvolupat un sistema anomenat VEE0 Mk4, que consisteix en el desenvolupament de noves eines i anàlisis, per tal d'oferir un coneixement més ampli dels diferents paràmetres a controlar. Utilitzant aquesta interfase és possible conèixer les deficiències dels diferents sistemes de combustible i optimitzar el consum dels motors principals i auxiliars. A més, també té la capacitat de generar informes, registrar l'historial de consum, etc.

Mitjançant el VEE0 Mk4 es poden controlar totes les variables que mantenen una relació amb els diferents consumidors de combustible, exposant a través d'informes i gràfics, els resultats del consum dels diferents consumidors. Els outputs que permeten registrar el sistema són: massa de HFO per milla nàutica, massa de LFO per milla nàutica, diòxid de carboni generat per milla nàutica, energia utilitzada per milla nàutica, eficiència mecànica, resistència a l'avanç, diòxid de carboni per kWh i velocitat per kWh.

VEEO és essencialment un sistema de monitorització i de registre de dades encarregat de recol·lectar les dades de consum de HFO i LFO, així com posicionaments GPS i potència a l'eix. Per tal d'instal·lar el sistema, el primer que s'ha de realitzar és identificar tots els sensors, cabalímetres, generadors CTs, planta elèctrica i bombes de càrrega que es tenen instal·lats a bord per connectar-los al VEE0 Mk4. El VEE0 HMI i VEE0 DAS seran els encarregats de transmetre a l'usuari les dades sol·licitades, i estaran connectades al VEE0 PC del vaixell. Aquests transmeten la informació automàticament a la base via satèl·lit, 3G o wifi.

Aquest sistema es pot interconnectar amb la plataforma *Blue Overall Energy Monitoring System* (BOEM-S), també desenvolupada per Tecnoveritas, la qual permet la gestió de les dades del vaixell amb la monitorització, la gestió tècnica, rendiment del negoci marítim i la gestió de manteniment. Mitjançant aquests software, es poden obtenir dades a temps real des de qualsevol lloc, de manera senzilla i ràpida, ja que les dades es gestionen a través del núvol virtual.

11. Càlcul teòric de les emissions produïdes per un vaixell real per mitjà de la metodologia del Bunker Delivery Note.

Després d'haver exposat la Regulació MRV i d'haver identificat les diferents metodologies proposades per la UE i la IMO, en aquest capítol es pretén procedir al càlcul de les emissions de diòxid de carboni per mitjà de les diferents metodologies.

Com anteriorment s'ha explicat, un dels objectius principals de la Regulació MRV és la recaptació de dades sobre paràmetres de consum de combustible, ja sigui HFO o MDO, per tal de desenvolupar una àmplia base de dades, entre els mateixos tipus de vaixells, i d'aquesta manera fer visible, a través d'un informe anual -depenent de la Regulació, ja que l'IMO pretén realitzar-ho de manera anònima- les dades de consum dels diferents vaixells, i així, poder analitzar la quantitat de massa de diòxid de carboni emesa des del sector marítim.

Per obtenir uns resultats fiables i el més precisos possible, s'ha intentat posar-se en contacte -via correu electrònic- mitjançant un qüestionari on es realitzaven una sèrie de preguntes relacionades amb el consum de combustible dels diferents consumidors, -motors principals, motors auxiliars, calderes i generadors- amb diferents empreses que s'encarreguen de gestionar les dades sol·licitades. El qüestionari realitzat es pot comprovar a l'annex A. Degut a la privacitat i a la manca d'iniciativa a facilitar les dades sol·licitades, no s'han obtingut les dades necessàries per a l'aplicació pràctica de les diferents metodologies. Tot i així, a través d'una empresa d'inspecció -la qual no es pot citar per motius privats- s'han aconseguit les dades per a poder posar en pràctica la metodologia del BDN. Les dades obtingudes es poden comprovar a l'annex B.

A l'annex C s'explicarà, seguint el format que ha facilitat la IMO a la resolució MEPC.282(70), com s'ha de procedir a l'hora de realitzar la segona part del SEEMP. Tot seguit també s'exposarà el procediment per el qual s'ha d'obtenir el EEOI per mitjà de la metodologia del *bunker delivery note*.

Per tal d'aconseguir una aproximació del consum del vaixell, a través del sistema AIS, s'ha realitzat un seguiment del vaixell, el qual ha permès determinar la duració i la distància de les seves darreres rutes.

A l'estudi realitzat, per motius de falta de dades, la metodologia estudiada serà la del BDN.

El format del *bunker delivery note* conté la següent informació:

Nom i nombre IMO	SPABUNKER 9296638
Port de càrrega de combustible	BARCELONA
Data del lliurament de combustible	-
Nom, adreça i telèfon del proveïdor	CEPSA
Nom del producte lliurat	MRK 500
Quantitat en tones mètriques	3400
Densitat a 15° C (Kg/m^3)	1006.1
Contingut de sofre (% in/in)	3.04

Es tenen les diferents dades de consum de combustible del vaixell:

Quantitat de combustible a la sortida del port de Rotterdam. (MT)	HFO	MDO
	492,630	49,520
Quantitat de combustible a l'arribada al port de Barcelona. (MT)	374,824	17,153
Quantitat de combustible consumit en port. (MT)	1,026	0.205
Quantitat de combustible consumit durant el viatge.(MT)	117,806	32.367
Duració del viatge. (dies)	7	

Seguint el format que facilita el MEPC, les dades de consum s'han d'exposar de la següent manera:

Viatge o dia	Des de dia	Fins al dia	Consum de fuel en port i al mar		Càrrega (tones o unitats)	Distància) (Nm)
			Tipus de fuel			
			HFO (MT)	MDO (MT)		
1	13/05/2018	20/05/2018	117,806	32,367	1000 TEU	1972

A continuació, es calcula EEOI, seguint el procediment marcat pel MEPC:

Com s'ha descrit anteriorment, el fuel oil utilitzat és el MRK 500, el qual, segons la Taula 12 obtinguda de la resolució MEPC.1/Circ.684, el factor de conversió equivalent és el 3.114400 ($t\ CO_2/t\ Fuel$).

Type of fuel	Reference	Carbon content	CF
1. Diesel/Gas oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0,875	3,206
2. Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0,86	3,151
3. Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0,85	3,1144
4. Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane/Butane	0,819/0,827	3,00/3,030
5. Liquefied Natural Gas (GNL)		0,75	2,75

Taula 12. Factor de conversió entre el contingut de carboni i la quantitat de diòxid de carboni generat per tipus de combustible.

Degut a que sols es saben les dades de consum en un sol viatge, es calcularan les emissions generades durant el viatge entre Rotterdam i Barcelona, tenint en compte que el vaixell quan entra al mar Mediterrani ha de canviar del HFO al MDO. La fórmula facilitada per la IMO per al càlcul del EEOI és la que es mostra a continuació:

$$EEOI = \frac{\sum FC \cdot Cf}{m_{carga} \cdot D} \left(\frac{t\ CO_2}{t/TEU \cdot Mn} \right) \quad (1)$$

,on FC és la massa de combustible consumit durant el viatge, m_{carga} és la quantitat de càrrega transportada (tones, TEU o persones) i D és la distància viatjada (Mn).

A causa de la manca d'informació, no ha estat possible saber el nombre de TEU's que és capaç de transportar. Per tal de calcular l'índex EEOI, s'ha realitzat una recerca de vaixells amb les mateixes característiques que el vaixell estudiat.

El vaixell que té més o menys les mateixes característiques és el Anne Sibum, obtingut de la revista *Significant ships 2007* -les característiques es poden comprovar a l'annex D- i el nombre de TEU's és de 1000.

La distància existent entre Rotterdam i Barcelona s'ha obtingut a través de l'aplicació FindShips.

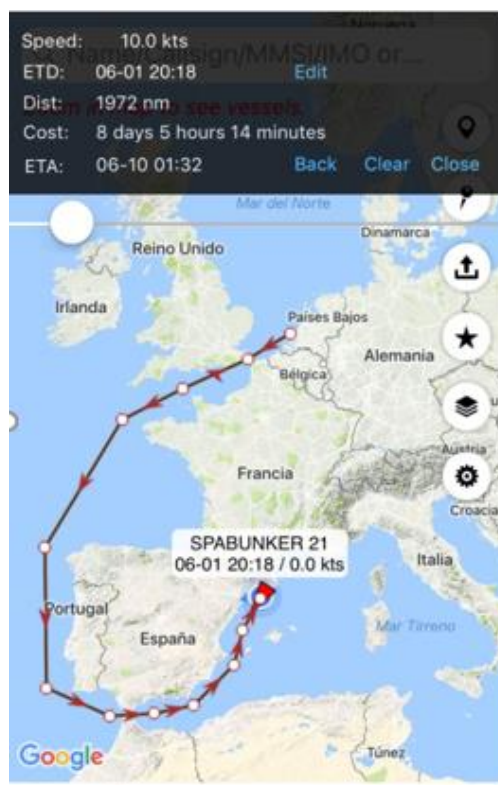


Figura 15. Distància entre Rotterdam i Barcelona per mitjà de l'aplicació FindShip.

Tot seguit es poden observar els càlculs realitzats per determinar EEOI:

$$EEOI = \frac{\sum FC \cdot Cf}{m_{carga} \cdot D} = \frac{(117,860 + 1,026) \cdot 3,1144 + (32,367 + 0,205) \cdot 3,2060}{1000 \cdot 1972}$$

$$= 0,00024071 = 2,4071 \cdot 10^{-4} \left(\frac{t CO_2}{TEU \cdot Mn} \right)$$

Per tal de tenir una visió més clara de la quantitat de tones emeses durant el viatge entre Rotterdam i Barcelona, es calculen les emissions produïdes pel vaixell en valor absolut:

$$t CO_2 = 118,886 \cdot 3,1144 + 32,372 \cdot 3,2060 = 474,6843 (t CO_2)$$

A continuació, per tal d'evidenciar l'eficiència de la metodologia BDN, s'han obtingut a través de l'empresa Compañía de Petróleos S.A (CEPSA) dos rebuts d'entrega de combustible, és a dir, dos *bunker delivery notes*. També s'ha obtingut un qüestionari que realitzen els inspectors quan un vaixell arriba al port de Barcelona, el qual consisteix en la comprovació dels nivells de combustible als tancs mitjançant sondejos, però també es comprova que el nivell de combustible existent coincideixi amb les mostres que els operaris han de realitzar cada dia i anotar al *oil record book*.

Aquests informes es poden observar a l'annex B.

La quantitat de fuel oil (MRK 500) reposat pel vaixell Berlín Exprés segons l'informe del BDN és de 3.400 Tm. Per tant, les emissions resultants de la combustió del combustible reposat seran:

$$t CO_2 = 3800 \cdot 3,1144 = \mathbf{11834,72 \text{ (t } CO_2)}$$

A continuació, a través de l'historial del sistema AIS, s'ha realitzat un seguiment de les darreres rutes.

Vessel Name	Current Port	Ata/atd	Time At Port	Destination Port	Voyage Origin Port	Voyage Time Underway	Voyage Distance Travelled
BERLIN EXPRESS	VALENCIA	2018-06-02 17:20 LT (UTC +2)	-	-	BARCELONA	14h 54m	163 NM
BERLIN EXPRESS	BARCELONA	2018-06-02 02:26 LT (UTC +2)	1d 21h 56m	VALENCIA	-	-	0 NM
BERLIN EXPRESS	BARCELONA	2018-05-31 04:30 LT (UTC +2)	-	-	DAMIETTA	3d 14h 26m	1578 NM
BERLIN EXPRESS	DAMIETTA	2018-05-27 14:04 LT (UTC +2)	19h 46m	BARCELONA	-	-	0 NM
BERLIN EXPRESS	DAMIETTA	2018-05-26 18:18 LT (UTC +2)	-	-	SINGAPORE	14d 1h 31m	4989 NM
BERLIN EXPRESS	DAMIETTA ANCH	2018-05-26 16:15 LT (UTC +2)	1d 21h 30m	TANGER MED	-	-	4989 NM

Figura 16. Historial dels últims viatges del vaixell Berlín Exprés obtingut per mitjà de marinetraffic.

A causa de la manca d'informació tècnica referent al vaixell Berlín Exprés, així com el tipus de motor principal i el consum específic del motor, s'ha realitzat una recerca de vaixells tipus, els quals tenen aproximadament les mateixes dimensions i un pes mort semblant per tal d'obtenir el consum de combustible del motor principal. D'aquesta manera és possible realitzar una aproximació a les emissions provinents del vaixell durant un viatge determinat.

La base de dades obtinguda a través de vaixells exposats a la revista Significant Ships és la següent:

	NOM	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALAT (m)	MOTOR	Ce ME (t/dia)	Ce AE (t/dia)	DEADWEIGHT (dwt)
	BERLIN EXPRES	320,58	42,8					100,019
1	MSC ALTAMIRA	299,18	48,2	12,5	HHI-EMD	159,7	3,9	112,516
2	MSC ATHENS	299,95	48,2	12,5	MAN B&W	160		110,875
3	COPIAPO	299,9	48,2	12,5	MAN B&W	150		104,9
4	MOL BRAVO	337	48,2	13	MAN B&W	179,2	5,5	114,891
5	UASK TABUC	299,92	48,2	12,5	WÄRTSILÄ	107,1		112,171
6	CSLC ASIA	334	42,8	13	MAN B&W	258,3	30,7	101,7
7	COCO ASIA	349	45,6	13	MAN B&W	249		109,9
8	MAERSK SEMARANG	332	43,4	13	MAN B&W	249		107,4
9	CMA CGM VELA	347	45,2	13,5	MAN B&W	262,8		103,73

Taula 13. Base de dades de vaixells similars al vaixell Berlín Exprés.

El vaixell que s'aproxima més a les característiques tècniques del Berlín Exprés és el CSLC Asia, el qual podeu comprovar a l'annex E, té un motor del fabricant MAN B&W, amb un consum específic del motor principal de 258,3 tones per dia i un consum específic dels motors auxiliars de 30,7 tones per dia.

El viatge del qual s'analitzarà el consum de combustible i les emissions produïdes pel vaixell serà el que té com a origen Singapur i el destí Damietta. El temps i la distància que ha realitzat el vaixell -obtinguts a través del sistema AIS- són 14 dies, 1 hora i 30 min a recórrer 4989 milles nàutiques. Per tant, suposant el consum específic sols del motor principal de 258,3 t/dia, el vaixell haurà consumit:

$$\text{Consum de combustible} = 14,0625 \cdot 258,3 = 3632,3437 \text{ t de fuel oil}$$

A continuació, es calcularà el EEOI pel viatge seleccionat:

$$EEOI = \frac{\sum FC \cdot Cf}{m_{carga} \cdot D} = \frac{3632,34 \cdot 3,1144}{8468 \cdot 4989} = 2,6 \cdot 10^{-4} \left(\frac{t CO_2}{TEU \cdot Mn} \right)$$

12. Conclusions.

El creixement econòmic, juntament amb el creixement del consum de productes i energia als països occidentals, és un dels principals factors que han permès que el sector marítim, principalment els vaixells dedicats al transport de mercaderies a granel, combustibles i productes manufacturats, augmenti respecte altres mitjans de transport. Aquest increment de consum ha provocat que la quantitat de gasos d'efecte hivernacle -tal com els NO_x , SO_x , CO_2 s'incrementi exponencialment, ja que són els principals gasos que es produeixen durant la combustió del combustible. L'escenari al qual ens dirigim, no és altre que el del creixement econòmic. No hi ha signes que conduïxin a una reducció del consum. Malgrat això, sí que existeix una consciència generalitzada d'un escalfament global i en conseqüència, la fusió dels pols i un augment del nivell del mar, el qual pot conduir a la desaparició de certs ecosistemes i hàbitats naturals. El més important per tal de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle, i més en concret, l'analitzat en el present estudi, el CO_2 , recau en la variable humana, és a dir, en primer lloc en la consciència de saber que existeixen uns límits al creixement, i en segon lloc, en la predisposició a actuar per tal d'evitar que s'arribin als límits. També s'ha de dir que no sols la predisposició és important, a través d'organitzacions com l'IMO o la Unió Europea es legisla per tal de prevenir la contaminació atmosfèrica provinent dels vaixells, així com també s'ha de assegurar la correcta aplicació de la Regulació, això vol dir, assegurar per mitjà d'inspeccions i auditories que es compleixi amb aquesta.

L'estudi realitzat té el propòsit d'analitzar i avaluar els efectes de les diferents mesures adoptades en relació a l'eficiència energètica. La Regulació MRV, com s'ha explicat a l'estudi, té l'objectiu de generar un informe anual amb totes les dades del combustible consumit per tipus de vaixell i així estimular la implementació de reformes i millores operacionals, les quals redueixin el consum de combustible i beneficiïn l'eficiència energètica del vaixell. El debat generat enfront la publicació de les dades per mitjà d'un informe anual recau en l'anonimat o transparència de les dades, on la indústria marítima - propietaris dels vaixells, armadors, companyies navals- les considera d'ús privat. Aquests

argumenten que existeix una falta de coneixement sobre la implementació de la regulació MRV a bord dels vaixells en relació als costs, responsabilitats i metodologies de monitorització, per tant, les organitzacions hauran de desenvolupar procediments que expliquin com s'ha d'implementar. La importància de la transparència, no sols és important pel desenvolupament de noves metodologies, sinó que per mitjà de la publicació de les dades, es generen un seguit d'obligacions que estimulen el creixement de noves tècniques operacionals relacionades amb l'eficiència energètica, reducció del consum de combustible, i en conseqüència, la reducció de les emissions de diòxid de carboni.

Un altre objectiu de l'estudi és contribuir a la discussió o al balanç de quina de les metodologies proposades per implementar a bord del vaixell pot ser més efectiva. Les variables que s'han tingut en compte són el cost i la precisió. Una tecnologia que permeti la recaptació de dades amb la menor incertesa augmentarà el cost de la tecnologia, ja que a més del cost d'implementació, s'hauran d'afegir costs de manteniment i de calibratge. John Schakenbach, considerava de vital importància el mantenir en equilibri les variables cost i precisió. Personalment, si l'objectiu és aconseguir un òptim aprofitament energètic, l'adquisició i administració de les dades de consum el més precís possible ha de ser el principal estímul i per tant, s'han d'assumir els costs d'inversió, de manera que s'aconsegueixi arribar en cada vaixell al màxim aprofitament energètic, evitant així que sigui la variable costs la que condueixi la implementació del sistema.

La monitorització a bord del vaixell permet quantificar el combustible que s'ha consumit a bord tenint en compte tots els processos i tots els consumidors, però per arribar a l'eficiència energètica òptima -també s'ha de tenir en compte el concepte d'eficiència, ja que ha de ser capaç d'adaptar-se a les diferents condicions climatològiques i de càrrega- s'ha de considerar l'anàlisi, l'estudi, i finalment la monitorització, de tot i cada un dels processos que es tenen a bord d'un vaixell, incloent les pèrdues energètiques en forma de calor. Per poder analitzar l'eficiència energètica, són necessaris molts paràmetres que sols poden tenir els propietaris dels vaixells. De la necessitat de quantificar l'eficiència energètica neixen els índex EEDI i EEOI, d'aquesta manera s'intenta posar límit

al consum energètic. Els operaris seran els encarregats d'enviar el nivell d'eficiència energètica a les autoritats pertinents.

D'altra banda, s'han explicat diferents metodologies teòriques -CARB i STEAM-2- les quals permeten obtenir les diferents dades sol·licitades a la regulació MRV. Particularment, el sistema STEAM-2 pot ser realment útil com a eina per a la verificació de les dades, ja que per mitjà de la modelització a través del sistema AIS, es podria arribar a una aproximació del consum del vaixell, i si aquest, coincideix amb el consum real de tal vaixell, podria formar part d'un nou mètode de recaptació de dades el qual permetria conèixer la quantitat de combustible que consumeix un determinat vaixell en un determinat viatge per mitjà d'una aplicació.

13. Annexos

Annex A.

QÜESTIONARI

A continuació, és proposen una sèrie de dades que és necessiten per poder analitzar les diferents metodologies proposades per la IMO i la Unió Europea. Si no es possible transferir la totalitat de les dades sol·licitades (per motius privatus), s'agrairia qualsevol de les dades que es puguin transferir. Moltes gràcies per la col·laboració.

Es sol·licita informació de tres tipus de vaixells, que són els més contaminants: Portacontenedor, bulk carrier i petrolier. Si no és possible, qualsevol altra tipus de vaixell s'agrairia.

1. ·Nom del vaixell i numero IMO.

-
-
-

·Dades del volum (m^3) de combustible dels tancs d'ús diari abans i després dels tres darrers viatges.

Primer viatge. Abans

Després

-
-
-

Segon viatge.

-
-
-

Tercer viatge.

-
-
-

·Nom i tipus de combustible.

-
-
-

·Quantitat de sofre.

-
-
-

2. Densitat del combustible a 15°C

-
-
-

3. Caudal de combustible dels diferents consumidors: Motors principals, auxiliars, calderes i turbines.

Motors Principals

Motors auxiliars

Calderes

Turbines

-
-
-

4. Grams de diòxid de carboni a la càmera de gasos d'escapament.

-
-
-

Annex B.

QÜESTIONARI

A continuació, es proposen una sèrie de dades que és necessiten per poder analitzar les diferents metodologies proposades per la IMO i la Unió Europea. Si no es possible transferir la totalitat de les dades sol·licitades (per motius privats), s'agrairia qualsevol de les dades que es puguin transferir. Moltes gràcies per la col·laboració.

Es sol·licita informació de tres tipus de vaixells, que són els més contaminants: Portacontenedor, bulk carrier i petrolier. Si no és possible, qualsevol altra tipus de vaixell s'agrairia.

1. -Nom del vaixell i numero IMO.
- M/V BOSTON TRADER → IMO 9282168
-
-
-Dades del volum de combustible dels tancs d'ús diari abans i després dels tres darrers viatges.
Primer viatge. Abans Després
- ROTTERDAM → BARCELONA
-
-
Segon viatge. LSHFO → 492'630 MT → 7 dies LSHFO → 374'824 MT
- LSMDO → 49'520 MT → LSMDO → 17'153 MT
-
Tercer viatge. CONSUMO DURANTE VIAJE
- LSHFO → 116'780 MT
- LSMDO → 32'162 MT
-
-Nom i tipus de combustible.
1 - HSF0 - FUEL
2 - MGO - DIESEL
3 - RMK500 → FUEL
-Quantitat de sofre.
1 - 3'28
2 - ~~0'06~~ 0'06
3 - 3'04
2. Densitat del combustible a 15°C
1 - 0'9862
2 - 0'8439
3 - 1'0061
3. Caudal de combustible dels diferents consumidors: Motors principals, auxiliars, calderes i turbines.

Figura B1. Qüestionari

Remaining on Board Survey

Survey conditions and summary

Draft(in m)	Before	After	Temperature (in °C)	List	in °	Side
FWD	10.55	11.30	Outside temperature	20.0	Before sounding:	0.00
MID			Engine room temperature	35.0	After sounding:	0.00
AFT	10.60	12.30	Seawater temperature	17.0		
Trim	-0.05	-1.00				

Fuel survey (in mt)	Logbook at last noon	Most recent logbook entry (e.g. FWE or last noon)	Surveyed (mt - air)	Difference
Date	31.05.2018	01.06.2018	01.06.2018	
Time	12.00	05.00	10.00	
HSFO	1540.800	1539.700	1541.723	2.023
ULSFO	4.600	4.600	7.151	2.551
HSDO	0.000	0.000	0.000	0.000
LSDO	193.300	188.500	178.646	(-9.854) - 7.654

Sludge and Oily Bilge Tanks (in m³)	Oil Record Book	Sounding	Difference
Date	01.06.2018		
Sludge	57.660	57.660	0.000
Oily Bilge	27.900	27.960	0.060

Barge 1 summary

Barge Type	HSFO
Barge Name	SPABUNKER TREINTA
Barge Master	
Barge alongside	01.06.2018 08:30
Hose connected	01.06.2018 09:45
Commence bunkering	01.06.2018 09:50
Completed bunkering	01.06.2018 18:00
Hose disconnected	01.06.2018 18:25
Bunker Delivery Note	406018000933
Order Reference No.	046/BU98798877
Physical supplier	CEPSA
Fuel grade as per BDN	RMK 500
Sulphur content as per BDN (%)	3.200
Density at 15 °C as per BDN (kg/m³)	1009.2000
Viscosity at 40 °C as per BDN (mm²/s)	
Viscosity at 50 °C as per BDN (mm²/s)	490.0000
Flashpoint as per BDN (°C)	78.0000
Qty. received as per VSL	3806.591
Qty. received as per BDN	3800.000
Qty. received as per Barge	3800.073
Qty. received as per MFM	
LOP issued	
Difference VSL vs BDN	6.591
Difference VSL vs Barge	6.518
Difference BDN vs Barge	0.073

Barge 2 summary

Barge Type	LSDO
Barge Name	SPABUNKER TREINTA
Barge Master	
Barge alongside	01.06.2018 08:30
Hose connected	01.06.2018 10:00
Commence bunkering	01.06.2018 10:05
Completed bunkering	01.06.2018 11:35
Hose disconnected	01.06.2018 12:00
Bunker Delivery Note	406518000286
Order Reference No.	046/BU98798877
Physical supplier	CEPSA
Fuel grade as per BDN	DMA
Sulphur content as per BDN (%)	0.080
Density at 15 °C as per BDN (kg/m³)	841.9000
Viscosity at 40 °C as per BDN (mm²/s)	3.0000
Viscosity at 50 °C as per BDN (mm²/s)	
Flashpoint as per BDN (°C)	63.000
Qty. received as per VSL	180.106
Qty. received as per BDN	180.000
Qty. received as per Barge	179.991
Qty. received as per MFM	
LOP issued	
Difference VSL vs BDN	0.106
Difference VSL vs Barge	0.115
Difference BDN vs Barge	-0.009

Inspecció Espanola, S.A.
Calle Y, n° 31-33
Puerto de Barcelona

CMS
Hagan-Land




Figura B2. Qüestionari realitzat pels operaris d'inspecció.

046 / BU 98 79 88 77

RECIBO DE ENTREGA BUNKER / BUNKER DELIVERY NOTE

DEPENDENCIA SUMINISTRADORA / BUNKER INSTALLATION MEROIL BARCELONA NIF A-60404910		BY C.A.E. ES00008H7031V	FECHA SUMINISTRO / DELIVERY DATE 01/06/2018	BY RECIBO / RECEIPT BY 406518000286							
PORT / PUERTO BARCELONA		PUERTO DE ENTREGA / SUPPLY POINT BARCELONA1		IDENTIFICACION / IDENTIFICATION N° 60620787							
NOMBRE DEL BUQUE / VESSEL NAME BERLIN EXPRESS		IMO / I.M.O. NUMBER 9229855	BANDERA / FLAG ALEMANIA	PUERTO DE MATRICULA / PORT OF REGISTRATION BARCELONA							
DESTINACION VALENCIA	COUNTRY ESPAÑA	ARMADOR / OWNER HAPAG-LLOYD AG		N.I.F. / COD. 841038577							
CLIENTE / CUSTOMER HAPAG-LLOYD AG		CONSIGUATARIO / PORT AGENT HAPAG LLOYD SPAIN SL		N.I.F.							
TIPO DE OPERACION <input type="checkbox"/> CON I.E. <input checked="" type="checkbox"/> EXENTO DE I.E. <input type="checkbox"/> CON I.V.A. / I.S.I.C. <input checked="" type="checkbox"/> EXENTO I.V.A. / I.S.I.C.											
FORMA DE SUMINISTRO / METHODS OF DELIVERY											
GABARRAS <input checked="" type="checkbox"/>		NOMBRES / BARGES SPABUNKER 30		TUBERIA <input type="checkbox"/>							
BARGES <input type="checkbox"/>		IMO 9296638		PIPE LINE <input type="checkbox"/>							
CAMION <input type="checkbox"/>		TANK TRUCK <input type="checkbox"/>		OTROS <input type="checkbox"/>							
OTHERS <input type="checkbox"/>											
PRODUCTOS PRODUCTS	EPURATE	MT	M3 a 15°C (m³/h)	M3 a Temperature							
M.G.T.		180,000	213,802	215,071							
		DENSIDAD @ 15°C DENSITY @ 15°C (kg/m³)		841,9							
		VISCOSIDAD KM VISCOSITY cSt		3,00							
		% AZUFRE SULFUR (% m/m)		0,08							
		INFLAMABILIDAD °C FLASH POINT °C		63							
Signed as receipt for volume and delivery temperature only. Specification subject to verification by analysis of vessel's retained sample.											
Declaración del Representante del Proveedor: (El cual el suministrador se apega a lo dispuesto en Anexo VI - Protocolo que modifica el Convenio para prevenir la contaminación por los Buques -MARPOL- (par. 1 o 4 a, Regla 14 y par. 1 Regla 18)) Declaration of Supplier's Representative: (The latter will comply with the stated in Annex VI - Protocol modifying the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships -MARPOL- (par. 1 or 4 a, Rule 14 and par. 1 Rule 18))											
DATOS DE TIEMPO / TIME SHEET											
YEAR	MONTH	DAY	HOUR	MINUTE	STATUS	YEAR	MONTH	DAY	HOUR	MINUTE	
2018	5	31	05	00	TERMINO COMPLETED	2018	06	01	11	35	
2018	6	01	10	00	DISCONNECTO DISCONNECT	2018	06	01	12	00	
2018	6	01	10	05							
BY NOTA DE ENTREGA					MEZCLAS / BLENDING						
18G00020101	213,802	M3 DE / m3 OF		M.G.T.							
		Tm DE				Tm DE					
		Tm OF				Tm OF					
		Tm DE				Tm DE					
		Tm OF				Tm OF					
Recibida la/s cantidad/es indicada/s para consumo en buque que no realiza navegación privada de recreo, junto con la/s muestra/s representativa/s y Marpol del/de los producto/s. Received on board the stated quantity/ies to be used as bunker in commercial shipping, together with representative and Marpol sample/s.											
FIRMA RESPONSABLE SUMINISTRADOR SUPPLIER'S REPRESENTATIVE SIGNATURE											

Figura B3. Exemple de BDN

CEPSA   

COMPANIA ESPAÑOLA DE PETROLEOS, S.A.
Torre CEPSA Pabellón de la Castellana 239 a 240/2
28046 MADRID (Spain)
Tel. +34 91 357 6111
bunker@cepsa.com // www.cepsa.com

046/BU 98798877

RECIBO DE ENTREGA BUNKER / BUNKER DELIVERY NOTE

DEPENDENCIA SUMINISTRADORA / BUNKER INSTALLATION DECAL ESPAÑA, S.A. NIF A-58537804		NIF CAE E50006H7005Z	FECHA SUMINISTRO / DELIVERY DATE 01/06/2018	Nº RECIBO / RECEIPT Nº 406018000933																											
PUERTO / PUERTO BARCELONA		PUERTO DE ENTREGA / SUPPLY POINT BARCELONA		APROBACION / NOMINATION IN P 60620786																											
NOMBRE DEL BUQUE / VESSEL'S NAME ERLIN EXPRESS		Nº IMO / IMO NUMBER 9229855	BANDERA / FLAG ALEMANIA	PUERTO DE MATRÍCULA / PORT OF REGISTRY																											
DESTINACION VALENCIA		ARMADOR / OWNER HAPAG-LLOYD AG		NIF / COD																											
CLIENTE / CUSTOMER HAPAG-LLOYD AG		CONSIGNATARIO / PORT AGENT HAPAG LLOYD SPAIN SL		NIF B41038977																											
TIPO DE OPERACION <input type="checkbox"/> CON L.E. <input checked="" type="checkbox"/> EXENTO DE L.E. <input type="checkbox"/> CON L.V.A. / I.G.I.E. <input checked="" type="checkbox"/> EXENTO L.V.A. / I.G.I.E.																															
FORMA DE SUMINISTRO / METHOD OF DELIVERY																															
<table border="1"> <tr> <td>GABARRAS</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>NOMBRES / NAMES</td> <td>TUBERÍA</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CARRON</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>OTROS</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>BARCOS</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>SPABUNKER 30</td> <td>PIPE LINE</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>TANK TRUCK</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>OTHER</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>IMO 9296638</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					GABARRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	NOMBRES / NAMES	TUBERÍA	<input type="checkbox"/>	CARRON	<input type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>	BARCOS	<input type="checkbox"/>	SPABUNKER 30	PIPE LINE	<input type="checkbox"/>	TANK TRUCK	<input type="checkbox"/>	OTHER	<input type="checkbox"/>			IMO 9296638						
GABARRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	NOMBRES / NAMES	TUBERÍA	<input type="checkbox"/>	CARRON	<input type="checkbox"/>	OTROS	<input type="checkbox"/>																							
BARCOS	<input type="checkbox"/>	SPABUNKER 30	PIPE LINE	<input type="checkbox"/>	TANK TRUCK	<input type="checkbox"/>	OTHER	<input type="checkbox"/>																							
		IMO 9296638																													
PRODUCTOS PRODUCTS	ESPECIE	SIT		ME a 15°C (m³)	ME a Temperatura	DENSIDAD @ 15°C DENSITY @ 15°C (kg/m³)	VISCOSIDAD cSt VISCOSITY cSt	Nº AGUJAS NAGLES (m³/m³)	INFLAMABILIDAD °C FLASH POINT °C																						
RMK 500		3.800,000	3.765,359	3.871,795	1009,2	490,00	3,20	78																							

Signed as receipt for volume and delivery temperature only.
Specification subject to verification by analysis of vessel's retained sample.

Declaración del Representante del Proveedor:
I/El suministrador se declara a la disposición de Avenio VI - Protocolo que modifica el Convenio para prevenir la contaminación por los Buques - MARPOL (par. 1 a 4 a, Regla 14 y par. 1 Regla 18)
Declaration of Supplier's Representation:
The fuel oil supplied complies with the stated in Avenio VI - Protocol modifying the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships - MARPOL (par. 1 a 4 a, Rule 14 and par. 1 Rule 18)

DATOS DE TIEMPO / TIME SHEET											
	AÑO YEAR	MES MONTH	DÍA DAY	HORA HOUR	MINUTO MINUTE		AÑO YEAR	MES MONTH	DÍA DAY	HORA HOUR	MINUTO MINUTE
ATRACÓ / MOORED DOCKED / MOORED	2018	6	31	05	20	TERMINÓ / COMPLETED	2018	06	01	18	00
ACOPLO CONNECTED	2018	6	01	09	45	DESCONECTO / DISCONNECT	2018	06	01	18	25
EMPLERO CONNECTED	2018	6	01	09	50	N.E. GABARRA / CARRON BARGE / TRUCK		NOMBRES / NAMES		NOMBRES / NAMES	

MEZCLAS / BLENDING			
Nº NOTA DE ENTREGA	1880014701	3.800,000	RMK 500

Recibida la/s cantidad/es indicada/s para consumo en buque que no realiza navegación privada de recreo, junto con la/s muestra/s representativa/s y Marpol del/los producto/s.
Received on board the stated quantity/ies to be used as bunker in commercial shipping, together with representative and Marpol sample/s.

FIRMA DEL CAPITAN Y JEFE DEL BUQUE / MASTER'S SIGNATURE AND BUNKER TENDER'S SIGNATURE

FIRMA RESPONSABLE SUMINISTRADOR
SUPPLIER'S REPRESENTATIVE SIGNATURE

Figura B4. Exemple BDN

Annex C.

1 Ship particulars

Name of ship	
IMO number	
Company	
Flag	
Ship type	
Gross tonnage	
NT	
DWT	
EEDI (if applicable)	
Ice class	

2 Record of revision of Fuel Oil Consumption Data Collection Plan

Date of revision	Revised provision

3 Ship engines and other fuel oil consumers and fuel oil types used

	Engines or other fuel oil consumers	Power	Fuel oil types
1	Type/model of main engine	(kW)	
2	Type/model of auxiliary engine	(kW)	
3	Boiler	(...)	
4	Inert gas generator	(...)	

4 Emission factor

C_F is a non-dimensional conversion factor between fuel oil consumption and CO₂ emission in the 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships (resolution MEPC.245(66)), as amended. The annual total amount of CO₂ is calculated by multiplying annual fuel oil consumption and C_F for the type of fuel.

Fuel oil Type	C_F (t-CO ₂ / t-Fuel)
Diesel/Gas oil (e.g. ISO 8217 grades DMX through DMB)	3.206
Light fuel oil (LFO) (e.g. ISO 8217 grades RMA through RMD)	3.151
Heavy fuel oil (HFO) (e.g. ISO 8217 grades RME through RMK)	3.114
Liquefied petroleum gas (LPG) (Propane)	3.000
Liquefied petroleum gas (LPG) (Butane)	3.030
Liquefied natural gas (LNG)	2.750
Methanol	1.375
Ethanol	1.913
Other (.....)	

5 Method to measure fuel oil consumption

The applied method for measurement for this ship is given below. The description explains the procedure for measuring data and calculating annual values, measurement equipment involved, etc.

Method	Description

6 Method to measure distance travelled

Description

7 Method to measure hours underway

Description

8 Processes that will be used to report the data to the Administration

Description

9 Data quality

Description

Figura C5. Format de la part II del SEEMP

Annex D.



ANNE SIBUM: Dutch designed, German-built 1000TEU feeder design

Shipbuilder:.....Schichau Seebeck Shipyard GmbH, Germany
 Vessel's name:.....*Anne Sibum*
 Hull number:.....2028
 IMO number:.....9396696
 Owner/operator:.....Reederei Bernd Sibum GmbH & Co KG, Germany
 Designer:.....Vuyk Engineering Groningen BV, The Netherlands
 Model test establishment used:.....MARIN, The Netherlands
 Flag:.....Cyprus
 Total number of sister ships already completed:.....Nil
 Total number of sister ships still on order:.....5
 (30-plus to be built under licence in China)

It is becoming evident that unless the TEU capacity of the feeder ships which distribute the 10,000TEU-plus cargoes, now arriving regularly at the major hubs served by the world's largest container liners, is increased, there could be major hold-ups in the finely honed schedules of the international logistic train. Already the Asian trades are looking to employ 2500TEU ships for feeder tasks; however, port and waterway characteristics in Europe continue to restrict ship dimensions, and consequently container loadings there, to around 1000TEU.

Working in collaboration with Schichau Seebeck, Bremerhaven, Dutch consultancy Vuyk Engineering has recently added a new design to its portfolio, aimed at this particular niche. Marketed as the VC Feeder 1000 (also known as the SSW Super 1000eco) series, it is claimed to have the highest loaded TEU intake (75% maximum at 14tonnes) of similar ships. It is also offered with a range of add-on extras, such as facilities to fit deck cranes, whilst the design is engineered to allow lengthening at a later date.

Anne Sibum is configured with poop and long-forecastle erections, with the latter incorporating a whaleback protection, the mooring area, and a breakwater. The cargo space comprises three box-shaped holds, with the ship's lines enforcing a void space forward of No 1 hold. The engine room is positioned aft of No 3 hold. Deck areas above these spaces are utilised for container stowage, giving a total of eight FEU stacks over the ship's length. A narrow, six tier deckhouse is right aft. A double skin surrounds the cargo holds which are closed by hinged panel covers giving free access to the 40ft/45ft container bays below.

Fixed cell guides are fitted in Nos 1 and 3 holds, with removable units in No 2 hold to allow alternative, or mixed size containers to be loaded. Reefer plugs for 118FEU are fitted in the holds, and for 139 on deck,

with monitoring integrated into a comprehensive machinery automation system covering all ship's services. Dangerous cargoes can be carried in all holds and on deck.
 A MaK 9M43 main engine developing 9000kW at 500rev/min is fitted, driving a CP propeller via a JaKe gearbox to give a service speed (with the shaft alternator disengaged) of approximately 18.5knots at 85% MCR and 7.50m draught. The shaft alternator produces 1700kW and together with three diesel-driven sets, each producing 550kW, satisfies electrical requirements. A Wärtsilä-Lips 800kW bow thruster is fitted aft of a prominent bulbous bow and highly raked stem.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa.....approx 151.72m
 Length, bp.....approx 142.35m
 Breadth, moulded.....23.40m
 Depth, moulded to main deck.....9.50m
 to upper deck.....11.75m
 Draught design.....7.60m
 scantling.....8.00m
 Gross.....10,371gt
 Deadweight (8.00m draught).....13,030dwt
 Speed, service, 85% MCR.....18.50knots
 Bunkers heavy oil.....1038m³
 diesel oil.....138m³
 Water ballast.....5000m³
 Fuel consumption, main engine only.....36tonnes/day
 Classification Bureau Veritas, 1 + Hull + Mach, Container Ship, Unrestricted Navigation, + AUT-UMS, IWS, Finnish-Swedish Ice Class 1A ('Comfort Class' notation pending)
 Heel control equipment.....Framo 500m³/h pump
 Main engine Design.....MaK
 Model.....9M43
 Manufacturer.....Caterpillar MaK
 Number.....1
 Type of fuel used.....HFO
 Output.....9000kW/500rev/min
 Gearbox Make.....JaKe (Jahnel-Kestermann)
 Model.....PGV-1060-450
 Number.....1
 Propeller Material.....Nickel-aluminium-bronze
 Designer/Manufacturer.....Wärtsilä-Lips
 Number.....1
 Pitch.....Controllable
 Diameter.....5600mm
 Speed.....-

Main-engine driven alternator Number.....1
 Make.....AEM
 Output/speed.....1700kW/1800rev/min
 Diesel-driven alternators Number.....3
 Engine make/type.....Caterpillar/-
 Type of fuel used.....MDO/DMA
 Output, each set.....3 x - kW/1800rev/min
 Alternator make/type.....-
 Output/speed, each set.....3 x 550kW/1800rev/min
 Boiler Number.....1
 Type.....Mission TM OC Model 1400/1400
 Make.....Aalborg
 Output.....1400kg/h
 Hatch covers Manufacturer.....Macor
 Type.....hydraulic end-hinged panels
 Containers Lengths.....20ft; 30ft; 40ft; 45ft
 Heights.....8ft; 8ft 6in; 9ft 6in
 TEU capacity.....1036
 on deck.....714
 in holds.....322
 homogeneously loaded to 14tonnes.....740 plus
 Reefer plugs.....257
 Ballast control system Make.....Pleuger
 Type.....EHS Bus-loop
 Complement Officers.....6
 Crew.....10
 Spare.....2
 Suez/repair crew.....4
 Bow thruster Make.....Wärtsilä-Lips
 Number.....1
 Output.....800kW
 Bridge control system Make.....SAM Electronics
 One man operation.....No
 Fire detection systems.....Deckma
 Fire extinguishing systems Cargo holds/Engine room.....Minimax CO₂
 Radars Number/type.....1 x X-band; 1 x S-band
 Make.....MCS 2200
 Model.....SAM Electronics
 Integrated bridge system Make.....SAM Electronics
 Model.....MCS 2200
 Incinerator.....Atlas 200WS
 Contract date.....15 November 2006
 Keel laying.....7 July 2007
 Launch/float-out date.....24 August 2007
 Delivery date.....24 August 2007

Figura D6. Vauxell base I.

Annex E.



CSCL ASIA: Samsung TEU total moves ever upwards

Shipbuilder: Samsung Heavy Industries Co Ltd, Korea
 Vessel's name: CSCL Asia
 Hull number: 1488
 Owner/Operator: Seaspan (Cyprus) Ltd, Cyprus/CSCL, China
 Designer: Samsung Heavy Industries Co. Ltd, Korea
 Model test establishment used: Samsung Ship Model Basin, Korea
 Flag: Cyprus
 Total number of sister ships already completed: Nil
 Total number of sister ships still on order: 4

READERS of *Significant Ships* will have noted the almost yearly increase in size of the giant container ships which now handle so much of the world's general cargo trade. Samsung's own contribution to the vast fleet is rapidly approaching 200 delivered or on order, and is currently headed by this new 8500TEU class, of which CSCL Asia is the lead vessel of a group of five. She and her sisters were ordered by the Vancouver-based Seaspan and have been chartered to the China Shipping Group (CSCL), which played a pivotal role in creation of the quarter. They represent the largest ships yet built by the company - a distinction soon to be lost to a new 9600TEU series now building at the Geosje Island site, and later possibly to a 12,000TEU class under development.

These recurring increases in container capacity are generally accommodated by adding an extra section into the vessel's length, consequently CSCL Asia has length on and length bp dimensions 11m greater than OOCL Shenzhen (*Significant Ships of 2003*) but retains other characteristics. She can therefore accept an additional FEU bay (total 16) in way of holds 1 to 8, forward of the machinery space/superstructure, with three bays above No 9 hold and one more right aft over the mooring deck and hatch cover storage area. Container capacity in the holds is 3877TEU with either 4323TEU or 4591TEU carried on deck, depending on whether stacks are seven or eight tiers high.

Storage is based on 17 rows carried on deck and 15 in the holds. No restrictions are placed on the use of high-cube containers, and 45ft units can be loaded directly on to No 3 hatch cover, otherwise these are stored above the third tier of each hatch. A total of 700FEU self-contained, air-cooled refrigerated containers can be loaded on deck, and dangerous goods can be carried in Nos 1 to 3 holds, also on deck. Lashing bridges are fitted on deck between the hatches, and 'on-deck' cell guides support containers carried above the mooring deck aft.

The hull is of double-skin construction forming a tank arrangement comprising side and bilge spaces, and three transverse double-bottom compartments devoted to water ballast and bunker capacity. Two side tanks

port and starboard, are arranged for automatic heel adjustment with ballast transfer across the vessel effected by a heeling pump. To accommodate environmental concerns, ballast water exchanges have been considered in accordance with IMO Resolution A868 (20) and Lloyd's Register's 'EP' notation. Structural design follows Samsung's standards for this class of by having hatch coamings form a continuous major longitudinal strength member.

Choice of propelling machinery for the Samsung range of container carriers covers both Sulzer and MAN B&W types of similar output, and owner's choice to an owner's preference. For this CSCL series, a MAN B&W 12K96MC-C main engine, built by HSD Engine Co and developing 68,520kW at 104rev/min, has been selected. When operating at 90% MCR, this produces a service speed of 25.20knots. With no main engine-driven alternator specified, electrical supply is obtained from four Taiyo 2700kW alternators having STX-built MAN B&W 6L32/40 diesel prime movers.

TECHNICAL PARTICULARS

Length, oa 334.00m
 Length, bp 319.00m
 Breadth, moulded 42.80m
 Depth, moulded 24.60m
 Width of double skin side 2.20m
 Draught design 13.00m
 scantling 14.50m
 Gross 90,645gt
 Deadweight design 84,200dwt
 scantling 101,700dwt
 Speed, service, 90% MCR 25.20knots
 Bunkers heavy oil 10,700m³
 diesel oil 560m³
 Water ballast 25,200m³
 Fuel consumption main engine 258.30tonnes/day
 auxiliaries 30.70tonnes/day
 Classification Lloyd's Register + 100A1, Container Ship, ShipRight (SDA, FDA, CM), + LMC, UMS, *WS, SCM, EP, CAC, NAV 1
 Percentage of high-tensile steel used in construction 60%
 Heel control equipment One pump and wing ballast tanks
 Main engine design MAN B&W
 Model 12K96MC-C
 Manufacturer HSD Engine Co Ltd
 Number 1
 Type of fuel HFO
 Output 68,520kW/104rev/min
 Propeller material Nickel-aluminium-bronze
 Designer Samsung/Macklenburger Metallguss (MMG)
 Number 1
 Pitch Fixed

Diameter 8900mm
 Speed 104rev/min
 Diesel-driven alternators Number 4
 Engine make/type STX-MAN B&W6L32/40
 Type of fuel HFO
 Output/speed 4 x 2880kW/720rev/min
 Alternator make Taiyo
 Output/speed 4 x 2700kW/720rev/min
 BOLLERS Number 1
 Type MA DBP38
 Make Kangfilm
 Output 5.50tonnes/h
 Mooring equipment Number 2 x mooring winch/windlass
 6 x mooring winch
 Make Rolis-Royce
 Type High-pressure hydraulic
 Hatch covers Design/manufacturer MacGregor
 Type Lift-on/lift-off pontoons
 Containers Lengths 20ft, 40ft, 45ft
 Cell guides Holds and aft deck
 Total TEU capacity 8468
 on deck 4591
 in holds 3877
 homogeneously loaded to 14tonnes 6345
 Reefer plugs 700FEU
 Ties/shoes (maximum) on deck 7(8)/17
 in holds 9/15
 Ballast control system Make Danfoss Marine
 Type Hydraulic valve control
 Complement Officers 17
 Crew 14
 Suez/repair crew 6
 Bow thruster Make Kawasaki Heavy Industries
 Number 1
 Output 3000kW
 Bridge control system Make HKM
 One man operation Yes
 Fire detection system Make Saracom-Thorn
 Type Conventional
 Fire extinguishing systems Make NK Co
 Holds and engine room CO₂
 Cabins and public spaces Portable and sea water
 Radars Number 2
 Make JRC
 Models 1 x JMA-9932-SA; 1 x JMA-9922-6XA
 Integrated bridge system Make JRC
 Model JNA-701
 Waste disposal plant Incinerator
 Make HMMC
 Model OSV-1200S
 Contract date 15 December 2002
 Launch/float-out date
 Delivery date

Figura E7. Vaixell base II.

14. Bibliografia.

1. Ballassen V. et al, Monitoring, Reporting and Verifying Emissions in the Climate Economy", Nature Climate Change, 2015 .Vol. 5, pp 319-328
2. Buhaug, Ø et al; Second IMO GHG Study 2009. LONDON: CPI Books Limited, 2009
3. Dagmar Nelissen, Jasper Faber. Economic impacts of MRV of fuel and emissions in maritime transport. Delft, CE Delft, 2014
4. European Council . EU Regulation 2015/757 of the European Parliament and of the European Council on the Monitoring, Reporting and Verification of Carbon Dioxide Emissions from Maritime Transport, and amending Directive 2009/16/EC. 2015
5. Francisco García Iglesias. Herramientas avanzadas para cumplir con la normativa eu mrv en los buques. Naucher Global. 2018
6. IMO MEPC. Amendments to the Annex of Protocol of 1997 to Amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto. Amendments to MARPOL Annex VI. MEPC 70/18/Add.1. 2016
7. IMO. Third IMO GHG Study 2014. LONDON: Micropress Printers. 2015
8. J.-P. Jalkanen et al. Extension of an assessment model of ship traffic exhaust emissions for particulate matter and carbon monoxide. Atmospheric Chemistry and Physics. 2012
9. Julien Dufour. EU MRV vs. IMO fuel consumption data collection system. Green 4 Sea. 2016
10. Officer of the Watch. Monitoring of bunker fuel consumption. Officer of the watch. 2013
11. Santiago Ordás et al. Data Alternatives for Marine Efficiency Monitoring. Barcelona: Facultat Nàutica de Barcelona. 2017
12. Schakenbach J., Vollaro R. and Forte R. Fundamentals of Successful Monitoring, Reporting, and Verification Under a Cap-and-Trade Program Journal of the Air & Waste Management Association, 2006.Vol. 56, pp 1576-1583.
13. Staunton-Lambert. CSCL ASIA. Significant Ships of 2004. 2005
14. Staunton-Lambert. Anne Sibum. Significant Ships of 2007. 2008
15. Ugo Bardi. Los limites del crecimiento retomados. Madrid: Catarata. 2014

Webgrafia.

1. DNV GL. (2017). EU MRV Regulation. 15/01/2018, de DNV GL Espai web:
<https://www.dnvgl.com/maritime/eu-mrv-regulation/>
2. Tecnoveritas. (2018). Voyage energy & emissions optimiser. 18/05/2018, de Tecnoveritas Espai web:
<http://www.tecnoveritas.net/marine-industry/products/veeo/>